



UniCEUB – Centro Universitário de Brasília
FATECS – Faculdade Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas
Curso de Engenharia de Computação

SISTEMA PARA CONTROLE DE FLUXO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA AQUECIDA

Fernando Carvalho Valadares
RA: 2041648/4

Brasília – DF
1º semestre de 2010

FERNANDO CARVALHO VALADARES

**SISTEMA PARA CONTROLE DE FLUXO E ARMAZENAMENTO DE
ÁGUA AQUECIDA**

Monografia apresentada à Banca
Examinadora da Faculdade de Tecnologia
e Ciências Sociais Aplicadas para
conclusão do curso de Engenharia de
Computação.

Orientador: Gil Renato Ribeiro Gonçalves

Brasília – DF
1º semestre de 2010

FERNANDO CARVALHO VALADARES

SISTEMA PARA CONTROLE DE FLUXO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA AQUECIDA

Monografia apresentada à Banca Examinadora da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas para conclusão do curso de Engenharia de Computação.

COMISSÃO EXAMINADORA

Gil Renato Ribeiro Gonçalves

Carmo Gonçalves

Luís Cláudio Lopes de Araújo

Maria Marony Sousa Farias Nascimento

Brasília, 01 de Julho de 2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela grande oportunidade, pois me ajudou a manter a calma e tranquilidade para chegar a esse momento e alcançar essa grande vitória em minha vida.

Agradeço também a meus pais Francnok e Marize e toda a minha família pelo apoio, dedicação e conselhos durante essa fase da minha vida.

Agradeço a minha namorada Maralize que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos difíceis desse projeto.

Agradeço aos meus irmãos, amigos e companheiros da igreja Congregação Cristã no Brasil, pois foi nesse momento de união tão nobre que aprendi a conviver com as dificuldades.

Agradeço também aos meus colegas e amigos de Faculdade, em especial, José Carlos, Robson Caetano, Rodrigo Souza, João Henrique, Paulo Gobbato, Paulo Venturi, Thiago Luiz, Thiago Millhomem e Leonardo Conde que me ajudaram bastante no decorrer do curso e nessa fase de projeto final.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia de Computação que passaram com paciência e profissionalismo todo o conhecimento.

Agradeço a meu professor orientador Gil Renato pela grande ajuda durante a elaboração desse projeto, pelos conselhos, dicas e disponibilidade a me atender.

Agradeço a todas as pessoas que auxiliaram para que esse projeto fosse concluído com sucesso.

RESUMO

Este projeto apresenta as fundamentações teóricas de transferência de calor aplicadas diretamente em um sistema de distribuição de água aquecida integrado com circuitos eletrônicos capazes de identificar a temperatura da água e tomar a decisão de aquecê-la apenas quando for conveniente, com o intuito de mostrar que é possível criar um sistema de distribuição de água aquecida de forma a economizar energia em sistemas convencionais de aquecimento. Este projeto contempla o desenvolvimento de uma bancada de testes capaz de simular um sistema de distribuição de aquecimento de água e eficiência em controle de níveis de forma automático. A bancada desenvolvida é composta por um recipiente de água, um trocador de calor, um sensor de temperatura LM35, um CI4093, um Laser, quatro LDR. Todos estes componentes estão inseridos em um circuito eletrônico ligado a um microcontrolador PIC16F877, capaz de selecionar o sistema de aquecimento em função da temperatura da água e ao mesmo tempo selecionar o sistema de níveis em função dos LDR. A bancada de testes possui apenas um sistema de aquecimento e medição de nível. A simulação de um sistema de distribuição de água aquecida é responsável pelo armazenamento da água aquecida, de tal forma que a temperatura da água altere ao longo do processo e a decisão de aquecimento possa ser tomada de forma automática, assim também a distribuição da água é feita pelo fluxo de água utilizado, fazendo com que altere o nível da água ao longo do processo e a decisão de entrada de água fria possa ser tomada de forma automática. O sistema desenvolvido mostrou-se eficiente diante dos testes realizados.

Palavras-chave: Trocador de calor; transferência de calor; microcontrolador PIC 16F877; Sensor de Temperatura LM35; CI4093; Laser e LDR.

ABSTRACT

This project presents the theoretical framework for the transfer of heat applied directly to a distribution system integrated with water heated electronic circuits capable of identifying the temperature of the water and decide to heat it only when appropriate, in order to show that You can create a distribution system of heated water in order to save energy in conventional heating systems. This project contemplates the development of a test bench capable of simulating a distribution system for heating water control and efficiency levels so automatic. The bench developed consists of a container of water, a heat exchanger, a temperature sensor LM35, a CI4093, a Laser, four LDR. All these components are embedded in an electronic circuit connected to a PIC16F877 microcontroller, capable of selecting the heating system depending on water temperature while you select the system of levels according to the LDR. The test bench has only one heating system and level measurement. The simulation of a distribution system, heated water is responsible for storage of heated water, so that the water temperature change during the heating process and the decision can be made automatically, so the water distribution is done by the flow of water used, causing the water level change during the process and the decision of the cold water supply can be taken automatically. The developed system was efficient before the tests.

Key words: heat exchanger; heat transfer; PIC 16F877 microcontroller; temperature sensor LM35; CI4093; Laser and LDR.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PINAGEM DO PIC16F877	16
FIGURA 2 - LAYOUT DO DISPLAY LCD	20
FIGURA 3 - SENSOR DE TEMPERATURA LM35	22
FIGURA 4 - CIRCUITO ELÉTRICO DO LM35 (NATIONAL, 1999)	23
FIGURA 5 - CIRCUITO INTEGRADO 4093 NAND INTERNO	24
FIGURA 6 - CIRCUITO INTEGRADO 4093 NAND EXTERNO	24
FIGURA 7 - LASER DE CANETA LASER	25
FIGURA 8 - LASER DO PROTÓTIPO (AUTOR)	26
FIGURA 9 - LDR RESISTOR DEPENDENTE DE LUZ	27
FIGURA 10 - RESISTÊNCIA RESPONSÁVEL POR TODO O AQUECIMENTO D'ÁGUA DO PROJETO (AUTOR)	27
FIGURA 11 - RECIPIENTE OU CAIXA D'ÁGUA	28
FIGURA 12 - LAYOUT DA PLACA CONTROLADORA DE RELÉ (PROTEUS 7)	29
FIGURA 13 - CIRCUITO ELÉTRICO DA PLACA CONTROLADORA DE RELÉ (AUTOR)	30
FIGURA 14 - DEFINIÇÃO DA PORTA DE RELÉ	31
FIGURA 15 - LAYOUT ELÉTRICO DA PLACA CONTROLADORA DOS LDR (PROTEUS 7)	31
FIGURA 16 - CIRCUITO ELÉTRICO DA PLACA CONTROLADORA DOS LDR (AUTOR)	32
FIGURA 17 - DEFINIÇÃO DAS PORTAS DOS LDR (NÍVEIS)	33
FIGURA 18 - ESQUEMA ELÉTRICO DA PLACA PRINCIPAL (PROTEUS 7)	34
FIGURA 19 - CIRCUITO ELÉTRICO DA PLACA PRINCIPAL (AUTOR)	34
FIGURA 20 - ESQUEMA ELÉTRICO DE TODAS AS PLACAS (AUTOR)	35
FIGURA 21 - KIT CONFECCIONADO ABERTO (AUTOR)	36
FIGURA 22 - KIT CONFECCIONADO FECHADO (AUTOR)	37
FIGURA 23 - KIT CONFECCIONADO EM FUNCIONAMENTO (AUTOR)	37
FIGURA 24 - SENSOR DE TEMPERATURA PROTEGIDO VISTO NO PROTÓTIPO (AUTOR)	39
FIGURA 25 - CÓDIGO FONTE DO CONTROLE DO RELÉ	40
FIGURA 26 - RESISTÊNCIA LIGADA NO CIRCUITO PARA ACIONAMENTO (AUTOR)	41
FIGURA 27 - COMPILAÇÃO DO SOFTWARE (AUTOR)	42
FIGURA 28 - TELA DE GRAVAÇÃO DO CÓDIGO HEXADECIMAL NA MEMÓRIA DO PIC. (AUTOR)	43
FIGURA 29 - FLUXOGRAMA DO SOFTWARE IMPLEMENTADO PELO AUTOR. (AUTOR)	47
FIGURA 30 - RELÉ LIGADO QUANDO A TEMPERATURA REGISTRADA FOR MENOR OU IGUAL A 30 °C E NÍVEL DE ÁGUA (AUTOR)	49
FIGURA 31 - RELÉ DESLIGADO QUANDO A TEMPERATURA REGISTRADA FOR MAIOR QUE 35 °C (AUTOR)	49
FIGURA 32 - MENSAGENS INICIAIS DO DISPLAY LCD	53
FIGURA 33 - MENSAGENS NO DISPLAY LCD DE ACORDO COM SUAS FUNÇÕES EXECUTADAS	54

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - TABELA DE CONVERSÃO A/D UTILIZANDO 10 BITS	18
QUADRO 2 - PINOS DO MÓDULO LCD (VISHAY,2002)	21
QUADRO 3 - TABELA DE TESTE E ENSAIOS	55

LISTA DE SIGLAS

A/D - Analógico / Digital

ASCII - American Standard Code for Information Interchange

BIT - Binary Digit

CCP - Capture compare PWM

CI - Circuito Integrado

CPU - Central Processing Unit (Unidade Central de Processamento)

EN - Enable (Habilitar)

GND - Ground (Terra)

HV - High Voltage (Alta Tensão)

LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação)

LCD - Liquid Crystal Display (Tela de Cristal Líquido)

LDR - Light Dependent Resistors (Resistor Dependente de Luz ou Fotosensor)

LED - Light-Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

LV - Low Voltage (Baixa Tensão)

NEMA - National Electrical Manufacturers Association (Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos)

PDA - Personal Digital Assistant (Assistente Digital Pessoal)

PIN - Personal Identification Number (Número de Identificação Pessoal)

RAM - Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)

RS - Register Select (Seletor de Registro)

RS-232 - Recommended Standard 232 (Padrão Recomendado Número 232)

Rx (RXD) - Receiving Signal (Sinal Recebido)

TPM – Temperatura Parametrizada no Microcontrolador

Tx (TXD) - Transmitting Signal (Sinal Transmitido)

VCC - Positive Supply Voltage (Tensão de Alimentação Positiva)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS GERAIS	1
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	3
2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	3
2.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA PROBLEMA	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3.1 RESISTÊNCIA ELÉTRICA.....	5
3.1.1 DISSIPACÃO EM RESISTORES	6
3.1.2 O EFEITO JOULE.....	7
3.2 FENÔMENOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	8
3.2.1 CONDUÇÃO	8
3.2.2 CONVECÇÃO	9
3.2.3 RADIAÇÃO	10
3.3 QUANTIDADE DE CALOR (Q).....	11
3.3.1 CALOR SENSÍVEL	12
3.3.2 CALOR LATENTE (L):.....	13
3.4 VAZÃO	14
4. DESCRIÇÃO DE HARDWARE.....	15
4.1 MICROCONTROLADOR PIC 16F877.....	15
4.1.1 CONVERSOR A/D.....	17
4.2 COMPONENTES ELETRÔNICOS.....	20
4.2.1 DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO.....	20
4.2.2 SENSOR DE TEMPERATURA LM35	22
4.2.3 CI 4093	23
4.2.4 LASER	25
4.2.5 LDR OU FOTSENSOR.....	26
4.2.6 RESISTÊNCIA	27
4.2.7 PROTÓTIPO DO RECIPIENTE OU CAIXA D'ÁGUA.....	28
4.3 KIT DE CONTROLE	29
5. IMPLEMENTAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL.....	38
5.1 PROTÓTIPO	38
5.2 PROGRAMAÇÃO DO KIT.....	41
5.3 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO.....	48
5.4 DIFICULDADES	50
5.5 TESTES E RESULTADOS	52
6. CONCLUSÃO	57
7. SUGESTÕES PROJETOS FUTUROS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	60

APÊNDICE A – CÓDIGO EM C.....	62
APÊNDICE B – ESQUEMA ELÉTRICO DO PROTÓTIPO E LAYOUT DO CIRCUITO.....	71
ANEXO A – SENSOR DE TEMPERATURA LM35	72
ANEXO B – REGULADOR DE TENSÃO 7805	74
ANEXO C – AMPLIFICADOR BC337	76
ANEXO D – CIRCUITO INTEGRADO 4093	77

1. INTRODUÇÃO

Nos hotéis ou recintos contendo banheiras há a necessidade de um controle maior da temperatura da água e distribuição da água, pois os mesmos acabam trabalhando com temperaturas muito elevadas para essas distribuições. Para isso são utilizados sistemas de controles para eficiência de distribuição de água quente e controle de níveis de suas caixas d'águas.

Devido a isso, o tema a ser estudado trata-se do desenvolvimento de um sistema automático para controle da temperatura, que mantém a temperatura variando dentro de uma faixa pré-estabelecida e também o sistema de fluxo, controlando quantidade de níveis a serem utilizados para uma melhor distribuição de água quente. O protótipo é constituído por KIT desenvolvido pelo autor que contém o microcontrolador PIC 16F877, um aquário, no qual simula a caixa d'água, uma resistência para aquecimento da água, sensores de recepção de luz (LDR) e lasers para medição do nível da água. O protótipo mantém a temperatura da água na faixa definida pelo software e não haverá uma grande queda de temperatura da água permitindo a distribuição da água na temperatura ideal para banho.

1.1 MOTIVAÇÃO

Propor um sistema de controle para acionamento de troca de calor, e acionar também controle de nível da água, aplicada em recipientes de distribuição de água para banheiras, fazendo com que mantenha a temperatura de acordo com o parâmetro do sistema de controle do microcontrolador e controlando o fluxo através do nível da água.

1.2 OBJETIVOS GERAIS

- Utilizar um sensor de temperatura (LM35D) para captar a temperatura do recipiente.
- Utilizar um medidor de nível da água (Laser e LDR) para identificar qual o volume da água.

- Utilizar microcontrolador para interpretar as informações vindas do sensor de temperatura e acionar o sistema de alerta, para que assim o sistema faça o acionamento do trocador de calor e interpretar também as informações vindas pelo LDR para acionar o nível da água e acionar ou impedir a entrada de água fria.
- Realizar a programação do sistema de controle do microcontrolador.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar a linguagem do software do microcontrolador para programar os microcontroladores.
- Especificar os parâmetros mínimos necessários para acionar o sistema de controle, envolvendo a temperatura, o tempo de medição e o nível da água.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 é especificado a introdução do projeto, no qual demonstra a motivação, objetivos gerais e específicos aplicados sobre o projeto.

No capítulo 2 é apresentado o problema no qual esse projeto está solucionando, colocando então a especificação do problema e proposta de solução.

No capítulo 3 é apresentado o referencial teórico, no qual são demonstrados as formulas que podem ser aplicadas sobre o projeto, colocando também os fenômenos de transferência de calor e vazão.

No capítulo 4 é apresentado toda descrição do hardware, no qual demonstra as especificações técnicas sobre os componentes eletrônicos, microcontrolador e o kit de controle.

No capítulo 5 é apresentado toda implementação do aparato, no qual demonstra o protótipo e seu funcionamento, a programação utilizada no kit, as experiências realizadas, resultados dos testes e dificuldades.

No capítulo 6 é apresentado a conclusão do projeto.

No capítulo 7 é apresentado sugestões de projetos futuros.

2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Vários hotéis, motéis e estabelecimentos têm o consumo de energia elevado. Um dos motivos deve-se ao não gerenciamento do aquecimento de água para banheiras, disponibilizando uma água acima da temperatura desejada aos seus clientes e armazenada em quantidades superiores ao uso cotidiano.

Este trabalho faz uma breve análise desse problema e a descrição da construção de um sistema utilizando um microcontrolador, sensores de temperatura, lasers e outros componentes, para controle de fluxo de distribuição de água e armazenamento de uma temperatura ideal e parametrizada.

2.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA PROBLEMA

O objetivo deste projeto é desenvolver um sistema para o controle de aquecimento dos recipientes, fazendo com que o sistema tenha um alerta que acione ou desligue o trocador de calor, controlando a temperatura de acordo com o parâmetro estipulado no software do microcontrolador. O mesmo terá o controle do acionamento da entrada de água fria, na qual será controlada através do nível da água, então só deixará de entrar água fria quando gerar um alerta com relação ao nível da água também parametrizado no software.

O sistema de controle tem estabelecido os seus parâmetros padrões, para distribuição de água quente, para que o cliente ao utilizar as banheiras tenha satisfação com a temperatura da água, e ao mesmo tempo que o proprietário do recinto tenha redução nos custos, pois o mesmo não distribui água com aquecimento elevado podendo controlar a temperatura e quantidade de armazenamento de água em sua caixa d'água.

O protótipo é constituído por KIT desenvolvido pelo autor que contém o microcontrolador PIC 16F877, um aquário, no qual simula a caixa d'água, uma resistência para aquecimento da água, sensores de recepção de luz (LDR) e lasers para medição do nível da água.

O protótipo mantém a temperatura da água na faixa definida pelo software, não havendo uma grande queda de temperatura da água permitindo a distribuição da água na temperatura ideal para banho.

Um sensor de temperatura é ligado a um microcontrolador que tem o sistema de controle. Quando o sensor de temperatura é acionado com uma determinada temperatura e por um espaço de tempo definido no sistema padrão ou estabelecido pelo proprietário, o microcontrolador aciona um alerta ao sistema de controle e automaticamente o sistema de controle aciona a abertura ou fechamento da troca de calor, fazendo com que seja mantida a temperatura dentro da faixa definida pelo software, simultaneamente controla o nível da água, por LDR e Lasers transferindo a informação do nível para o microcontrolador. Caso o nível da água chegue ao nível estipulado no Sistema de controle do microcontrolador, o mesmo aciona o LED simulando a abertura ou fechamento da entrada de água fria, mantendo o nível estipulado pelo fornecedor.

Todo código de programação do software do microcontrolador foi desenvolvido integralmente como parte deste projeto. O fluxo de dados, controle e acionamento aqui especificado são contemplados nesta programação.

3. Referencial Teórico

Aqui são apresentados os principais fenômenos físicos presentes no projeto mostrando os conceitos de transferência de calor, resistência elétrica, dissipação em resistores, o efeito joule, quantidade de calor, calor sensível e calor latente, dando maior ênfase aos assuntos fundamentais utilizados neste projeto.

3.1 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

A resistência elétrica é a capacidade de um corpo de se opor a passagem da corrente elétrica por ele, quando existir uma diferença de potencial aplicada ao mesmo. O cálculo é dado pela Lei de Ohm que de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), é medida em ohms (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

A primeira Lei de Ohm é expressa pela equação (1):

$$V = R \cdot I \quad (1)$$

Onde:

- ***V*** - é a diferença de potencial elétrico, medida em Volts.
- ***R*** - resistência elétrica do circuito, medida em Ohms.
- ***I*** - é a intensidade de corrente elétrica, medida em Amperes.

Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um condutor metálico, um número muito elevado de elétrons livres passa a se deslocar nesse condutor. Nesse movimento, os elétrons colidem entre si e também contra os átomos que constituem o metal. Portanto, os elétrons encontram certa dificuldade para se deslocar, isto é, existe uma resistência à passagem da corrente no condutor. Para medir essa resistência, os cientistas definiram uma grandeza que a chamaram de resistência

elétrica que de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), é medida em ohms (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

Existem alguns fatores que influenciam diretamente no valor da resistência, são eles:

- A resistência de um condutor é proporcional ao seu comprimento.
- A resistência de um condutor é tanto maior quanto menor for à área da sua seção reta, ou seja, quanto mais fino for o condutor.
- A resistência de um condutor depende do material que ele é feito.

Estes fatores representam a segunda Lei de Ohm que é expressa pela equação (2):

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (2)$$

Onde:

- ***R*** - é a resistência elétrica do circuito, medida em Ohms.
- ***ρ*** - é a resistividade elétrica do condutor, media em Ohm x metro.
- ***L*** - é o comprimento do fio, em metros.
- ***A*** - é a área da secção transversal em m².

3.1.1 DISSIPACÃO EM RESISTORES

Energia elétrica é uma forma de energia muito importante para o ser humano, pois pode facilmente ser transformada em outras modalidades de energia. Existem diversas formas de transformação de energia, como por exemplo, os motores elétricos que convertem energia elétrica em energia mecânica. Neste projeto o foco foi à conversão de energia elétrica em energia térmica. Aquecedores em geral são exemplos de transformação de energia elétrica em energia térmica e este fenômeno é conhecido como efeito Joule. Este nome é devido a James Prescott Joule, um físico britânico que encontrou as relações entre fluxo de corrente, através de uma resistência elétrica e o calor dissipado (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

3.1.2 O EFEITO JOULE

Esse fenômeno ocorre devido o encontro dos elétrons da corrente elétrica com as partículas do condutor. Os elétrons sofrem colisões com átomos do condutor, parte da energia cinética (energia de movimento) do elétron é transferida para o átomo aumentando seu estado de agitação, conseqüentemente sua temperatura. Assim, a energia elétrica é transformada em energia térmica (calor) (RAMALHO, 2003; TIPLER, 2000).

A descoberta da relação entre eletricidade e calor trouxe ao homem vários benefícios. Muitos aparelhos utilizados no dia-a-dia têm seus funcionamentos baseados no efeito Joule, um exemplo é o chuveiro elétrico, que é aquecido por intermédio de uma resistência elétrica.

A lei de Joule pode ser expressa pela equação (3):

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (3)$$

Onde:

- ***Q*** - é o calor gerado por uma corrente constante percorrendo uma determinada resistência elétrica por determinado tempo. Sua unidade é o Joule.
- ***I*** - é a corrente elétrica que percorre o condutor com determinada resistência ***R*** e é medida em Amperes.
- ***R*** - é a resistência elétrica em Ohms do condutor.
- ***t*** - é a duração ou espaço de tempo em que a corrente elétrica percorreu o condutor e é medido em segundos.

3.2 FENÔMENOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Quando dois corpos com temperaturas distintas são colocados próximos um do outro em um mesmo ambiente, ou em contato, há uma troca de energia térmica entre eles. Pode-se verificar então que, ao longo do tempo, eles passam a ter a mesma temperatura, ou seja, atingi o equilíbrio térmico. O corpo que apresentava temperatura mais alta perde energia térmica, enquanto o outro corpo ganha energia e tem sua temperatura elevada (INCROPERA, 2003; SCHMIDT, 1996).

Os processos pelos quais ocorre transferência de calor são:

- Condução
- Convecção
- Radiação

3.2.1 CONDUÇÃO

Sempre que houver diferença de temperatura em uma substância, seja ela sólida ou líquida, o calor fluirá da região de temperatura mais alta para a região de temperatura mais baixa. A condução de calor é um processo que depende de um meio material, por isso não ocorre no vácuo. Este fenômeno se dá por meio de condução térmica e o calor será conduzido molécula a molécula por vibração molecular. Naturalmente neste projeto ocorrerá troca de calor molécula a molécula, mas o principal processo de transferência de calor é a convecção (SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

A equação (4) expressa que a quantidade de calor (Q) transferida durante uma hora, numa parede de superfície (A), é diretamente proporcional à diferença de temperatura (interior e exterior) e inversamente proporcional à espessura da parede (SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

$$\frac{Q}{\Delta t} = -k \cdot A \cdot \left(\frac{t_i - t_e}{e} \right) \quad (4)$$

Onde:

- $\frac{Q}{\Delta t}$ - é a quantidade de calor transferido por unidade de tempo (Kcal/h ou W).
- k - é a condutibilidade térmica do material (kcal/h.m. °C)
- A - é a superfície de transferência em m².
- t_i - representa a temperatura interior em °C.
- t_e - representa a temperatura exterior em °C.
- e - é a espessura da parede em metros

3.2.2 CONVECÇÃO

A convecção é a transferência de calor em um fluido devido ao movimento deste fluido de uma posição para outra. A convecção é o movimento de massa de um fluido, trocando de posição entre si. Portanto não há sentido falar em convecção no vácuo, ou em um sólido. Convecção ocorre apenas entre fluidos. A convecção pode ocorrer de forma natural, ou forçada (INCROPERA, 2003; SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

A convecção natural acontece quando o movimento do fluido ocorre de forma espontânea, devido à diferença de densidade causada pela variação de temperatura no fluido. Um exemplo de convecção natural é o sistema de aquecimento solar, onde a água circula devido a diferença de densidade entre a água aquecida na tubulação e a água que está no boiler. Outro exemplo são as correntes marítimas, que ocorrem devido a diferença de temperatura de uma determinada região para outra do oceano. Quando o movimento do fluido é originado por um agente externo, como uma hélice ou uma bomba, a convecção é forçada (INCROPERA, 2003; KREITH, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996; TAVEIRA, 2008).

Para efetuar cálculos de transmissão de calor por convecção, utiliza-se a equação (5) a seguir:

$$\frac{Q}{\Delta t} = h \cdot A \cdot (t_p - t_f) \quad (5)$$

Onde:

- $\frac{Q}{\Delta t}$ - é a quantidade de calor transferido por unidade de tempo (Kcal/h ou W).
- h - é o coeficiente de transferência por convecção (kcal/m².h. °C)
- A - é a superfície de transferência em m².
- t_p - é a temperatura da placa em contato com o fluido em °C.
- t_f - é a temperatura do fluido em °C.

3.2.3 RADIAÇÃO

A radiação é a transferência de energia térmica que não necessita de meio para se propagar. É desta forma que ocorrem trocas de energia no espaço. A energia solar, por exemplo, chega até a terra por meio de radiação (INCROPERA, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996).

Quando dois corpos são mantidos a diferentes temperaturas e estão separados entre si por um vácuo perfeito, não há troca de calor entre eles por condução ou convecção devido à inexistência de um meio físico. Em tais situações, a troca de calor entre eles é feita por radiação térmica. Ao aproximar-se de uma lareira acesa ou de fogo, percebe-se a forte transferência de energia que existe ainda que estejamos um tanto afastados da fonte, esse é um exemplo de radiação térmica. (FILHO, 2009)

A transferência de calor por ondas eletromagnéticas é chamada de transferência de calor por radiação. A transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas não exige a presença do meio material para ocorrer, ou seja, a

radiação ocorre no vácuo ou em meios materiais. No entanto, nem todos os materiais permitem a propagação de ondas de calor através deles. Desta forma, os meios materiais são classificados em diatérmicos ou atérmicos, conforme eles permitam ou não a propagação de ondas de calor, respectivamente. O ar atmosférico permite e por isso é um meio diatérmico. Uma parede de tijolos não permite e por isso é um meio atérmico. (SCHIMDT, 1996)

3.3 QUANTIDADE DE CALOR (Q)

“Calor é definido como energia em trânsito devido à diferença de temperatura e que não está associada com a transferência de massa.” (SCHMIDT, 1996, p. 20).

Para representar a quantidade de calor trocado entre corpos utiliza-se a letra “ Q ”. A unidade de medida utilizada no Sistema Internacional de Unidades é o Joule (J), e a unidade mais utilizada no dia-a-dia é a caloria (***cal***). A relação entre Joule e caloria é: $1\text{ cal} = 4,18\text{ J}$.

Por convenção, quando um corpo cede calor, a quantidade de calor Q é negativa e quando um corpo recebe calor, Q é positiva.

Todo corpo tem certa quantidade de energia interna que esta relacionada ao movimento de seus átomos ou moléculas. Os sólidos líquidos e gases apresentam constantes vibrações em suas partículas, onde, a soma destas vibrações constitui a energia térmica do mesmo. Esta energia térmica é diretamente proporcional à temperatura do corpo. Se dois corpos ou fluidos distintos estiverem em contato e possuírem diferente temperatura, eles trocam energia interna até a temperatura ser equalizada (INCROPERA, 2003; KREITH, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996).

3.3.1 CALOR SENSÍVEL

Calor sensível é aquele que provoca alteração na temperatura sem que haja mudança de fase. Neste trabalho ocorre apenas calor sensível, já que a água aquecida não atingirá o ponto de ebulição.

Capacidade térmica (C): é uma característica do corpo e não das substâncias que o constituem. Ela determina a variação térmica deste corpo ao receber determinada quantidade de calor. O valor da capacidade térmica corresponde à quantidade de calor (recebida ou cedida) que leva a uma variação de 1°C na temperatura do corpo (INCROPERA, 2003; POTTE R, 2006; SCHMIDT, 1996). É dada pela relação da quantidade de calor recebida por um corpo e a variação de temperatura sofrida pelo mesmo. É representada pela letra C e é medida em calorias por grau Celsius ($\text{cal}/^{\circ}\text{C}$) ou caloria por Kelvin (cal/K), conforme equação (6):

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (6)$$

Onde:

- C - é a Capacidade térmica,
- Q - é a quantidade de calor recebida ou cedida pelo corpo;
- ΔT - é a variação de temperatura sofrida pelo corpo, ou seja, é a temperatura final menos a temperatura inicial.

Calor específico (c): é uma característica da substância e não do corpo, ao contrário da capacidade térmica. Corresponde à capacidade específica de uma substância de mudar a sua temperatura ao receber ou liberar calor, para cada grama de massa. Isto quer dizer que a capacidade térmica de um corpo é dada pelo calor específico da substância que compõe e sua massa. O calor específico é representado pela relação da capacidade térmica do corpo pela sua massa

(INCROPERA, 2003; KREITH, 2003; SCHMIDT, 1996). É representado pela letra ***c*** (minúscula) e é medido em ***cal/g°C*** ou ***cal/gK***, conforme mostra a equação (7).

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad (7)$$

Ou substituindo o $\left(\frac{Q}{\Delta T}\right)$ por ***C***, temos a equação (8):

$$C = \frac{c}{m} \quad (8)$$

Onde:

- ***c*** - é o calor específico;
- ***C*** - é a capacidade térmica;
- ***m*** - é a massa.

3.3.2 CALOR LATENTE (***L***):

É a quantidade de calor que a substância troca por grama de massa durante a mudança de estado físico. É representado pela letra ***L***. É medido em caloria por grama (***cal/g***) (INCROPERA, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996). Neste projeto não ocorre Calor Latente.

Para calcular o calor latente é necessário utilizar a equação (9):

$$L = \frac{Q}{m} \quad (9)$$

Onde:

- Q - é a quantidade de calor recebida ou cedida pelo corpo;
- m - é a massa do corpo;
- L - calor latente;

3.4 VAZÃO

A vazão é definida como a relação entre o volume de fluido que atravessa a superfície e o tempo gasto nessa passagem. As unidades de vazão são obtidas pela divisão de unidade de volume por unidade de tempo, exemplo $\left(\frac{m^3}{s}\right)$.

Para calcular a vazão é necessário utilizar a equação (10):

$$Q = A \cdot V \quad (10)$$

Onde:

- Q - Vazão no Tubo $\left(\frac{m^3}{s}\right)$;
- $A = \pi \cdot D^2 / 4$ Área da Seção Transversal do Tubo (m^2);
- D - Diâmetro interno do tubo (m);
- V - Velocidade do líquido no interior do tubo $\left(\frac{m}{s}\right)$.

4. DESCRIÇÃO DE HARDWARE

O hardware utilizado para a construção do protótipo do presente projeto é composto por:

- Um Kit AUTOR;
- Uma resistência;
- Um laser;
- Um aquário;

4.1 MICROCONTROLADOR PIC 16F877

A estrutura de máquina interna dos microcontroladores da família PIC é do tipo Harvard, onde existem dois barramentos internos: um de dados e outro de instruções. Para o PIC o barramento de dados é de 8bits e o de instrução pode ser de 12, 14 ou 16 bits. Essa característica proporciona maior velocidade, pois, assim, uma instrução pode ser executada enquanto a outra é resgatada na memória (SOUZA e LAVINIA, 2005).

O microcontrolador PIC é fabricado pela empresa *Microchip Technology*. Dentre os modelos disponíveis está o PIC 16F877, o qual utiliza a arquitetura RISC, *Reduced Instruction Set Computer* com Conjunto de Instruções reduzidas, o que permite que este modelo tenha um set de instruções menor (ZANCO, 2005).

As principais características do PIC 16F877 são (SOUZA e LAVINIA, 2005):

- Possui 40 pinos.;
- Frequência de operação de até 20MHz;
- Memória flash de programa de 8kwords;
- Memória RAM de 368 bytes;
- Memória EEPROM de 256 bytes;
- 15 interrupções disponíveis;
- 5 conjuntos de portas de E/S totalizando 33 portas;

- Três timers (1 de 16 bits e 2 de 8 bits);
- Dois módulos CCP: Capture, Compare e PWM;
- 35 instruções básicas;
- Conversor A/D (análogo-digital) de 10 bits.

A pinagem do microcontrolador utilizado pode ser vista na Figura 1. Ele foi escolhido por possuir entradas de conversão de analógico para digital (A/D) que são utilizadas no projeto e pelo seu baixo custo.

Pin Diagram

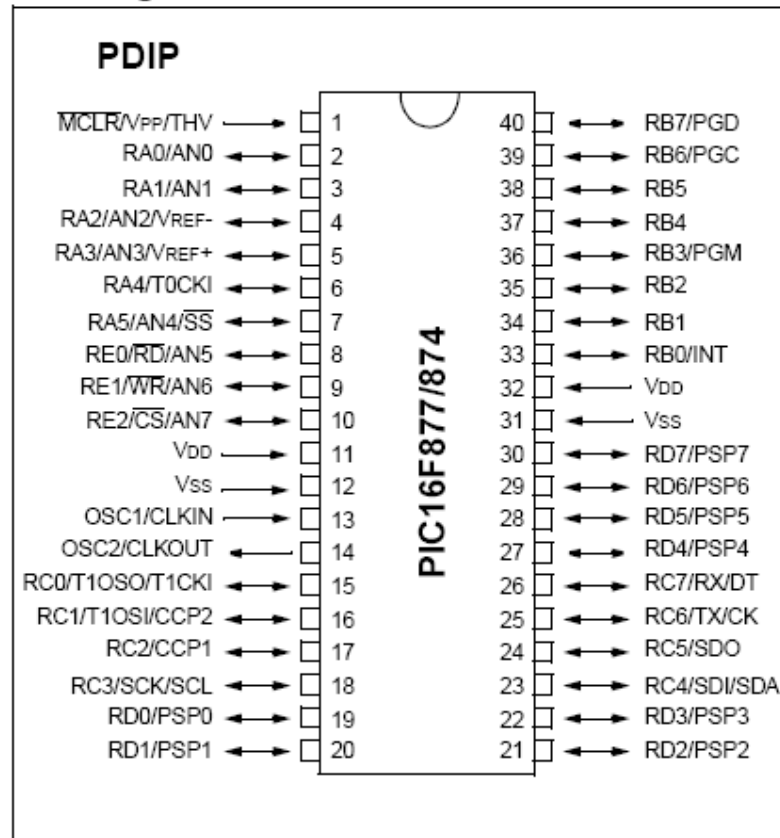


Figura 1 - Pinagem do PIC16F877

Fonte: (MICROSHIP, 2003)

O microcontrolador tem a função de receber a informação originária do sensor de temperatura e dos fotosensores, interpretar tal informação através de sua

programação e a partir daí, controlar o relé que se encontra em sua saída e com isso realizar o acionamento dos equipamentos desejados neste projeto.

4.1.1 CONVERSOR A/D

No mundo real, as variáveis são analógicas, ou seja, os dados a serem medidos como tensão, temperatura, ou um sinal qualquer, podem assumir diversos valores. Os sistemas digitais trabalham apenas com informações digitais. O PIC16F877 possui dois conversores A/D internos e um deles é a ferramenta de entrada para o sensor de temperatura (SOUZA, 2005).

O PIC16F877 recebe a informação analógica e a transforma em digital de maneira simples e direta, denominada conversor de aproximação sucessiva.

Os dois conversores A/D deste PIC são de 10 bits, mas só podem ser usados um de cada vez. Este projeto utiliza apenas um conversor, que está disponível no conector de expansão. Para este projeto são utilizados apenas 8 bits do conversor A/D, pois cada registrador deste microcontrolador é composto por 8 bits, logo seriam necessários 2 registradores para resolver os 10 bits sendo que em um deles apenas 2 bits seriam utilizados (SOUZA, 2005).

A menor resolução de um conversor A/D é expressa pela equação (11):

$$Resolução = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (11)$$

Onde:

- V_{ref} - é uma tensão de referencia, em Volts.
- n - é o número de bits do conversor.

No caso desse trabalho, é utilizado maior número de bits que o microcontrolador suporta para a conversão, 10 bits, e uma tensão de referência de 5V, obtendo assim uma resolução de:

$$Resolução = \frac{5}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 0,004883 \text{ V ou } 4,88 \text{ mV}$$

A resolução é o menor valor que pode ser representado por um conversor A/D. Então a cada 0,004883 V a saída digital irá mudar em um bit 0. Dessa forma qualquer valor que esteja abaixo disso não provocará nenhuma mudança na saída do conversor.

A conversão A/D utilizando 10 bits é visualizada no quadro 1.

Quadro 1 - Tabela de Conversão A/D utilizando 10 bits

VOLTS (mV)	DECIMAL	BINÁRIO
0	0	0000000000
4,883	1	0000000001
9,776	2	0000000010
.	.	.
.	.	.
.	.	.
5000	1023	1111111111

Cada um dos n bits que compõem a informação digital representa uma parcela do valor da tensão analógica a ser convertida, de forma que a soma de todas as contribuições de cada um dos n bits forma a tensão de entrada do conversor A/D. Assim, a parcela de tensão proporcional ao bit m do conversor é mostrada na equação (12) a seguir (SOUZA e LAVINIA, 2005):

$$V_{entrada} = \frac{b_m \cdot 2^{(m-1)}}{2^n} \cdot V_{ref} \quad (12)$$

Onde:

- b_m - é o valor do bit m , ou seja, 0 ou 1. Apenas os bits em 1 representam algum valor em termos de tensão analógica. Portanto, quanto maior a quantidade de bits, maior a resolução e a precisão do conversor.

O sistema de conversão que o PIC16F877 utiliza chama-se conversor de aproximação sucessiva. Neste tipo de conversor, a conversão é realizada do bit mais significativo, que representa a metade da tensão de referência, para o menos significativo. Desta forma, é possível saber se a tensão de entrada é maior ou menor que a metade da tensão de referência. Conhecido o bit mais significativo, passa-se ao próximo bit, que representa a metade da metade da tensão de referência (SOUZA e LAVINIA, 2005).

Esta forma de conversão é bastante ágil, pois para um conversor de n bits são necessárias n interações, independente do valor a ser convertido (SOUZA e LAVINIA, 2005).

4.2 COMPONENTES ELETRÔNICOS

As informações técnicas dos componentes eletrônicos utilizados foram extraídas do manual do fabricante disponível nos anexos deste trabalho. A resistência elétrica não necessita de manual técnico, já que é ligada diretamente na rede elétrica.

4.2.1 DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO

A placa citada anteriormente possui um display LCD alfanumérico com duas linhas de 16 caracteres cada linha. Esse display é muito conhecido por ser o mesmo utilizado em telefones públicos. (SOUZA E LAVINA, 2005)

Outra característica importante do display é que ele possui um drive de controle interno o qual se comunica através do protocolo específico, utilizando American Standard Code for Information Interchange (ASCII). (SOUZA E LAVINA, 2005)

A figura 2 apresenta o layout do módulo LCD.

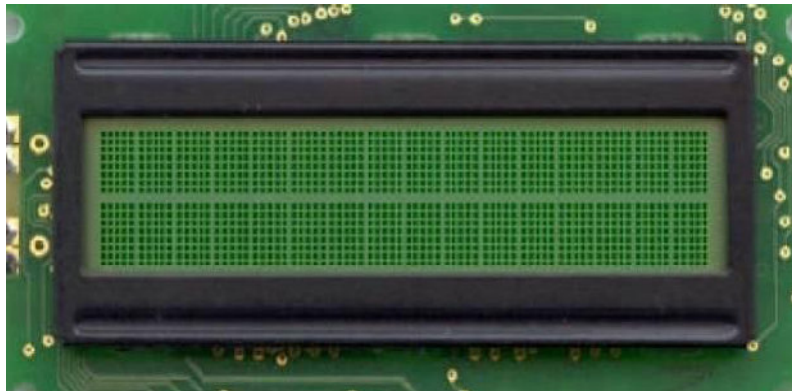


Figura 2 - Layout do display LCD

Nesse trabalho o display LCD foi utilizado para mostrar todas as mensagens de acordo com a programação vista no apêndice A, mostrando também o trocador de calor ligado Sim/Não (Escrito no LCD = TC-SI/NO), a entrada de água externa Aberto/Fechado (Escrito no LCD = EA-ABERTO/FECHADO), o nível que se encontra a água 1/2/3/4 (Escrito no LCD = NIV.1/2/3/4) e a temperatura do recipiente em graus Celsius (Escrito no LCD = TEMP. XX °C).

O quadro 2 apresenta a descrição dos pinos do módulo LCD com 2 linhas por 16 colunas.

Quadro 2 - Pinos do módulo LCD (VISHAY,2002)

PINO	FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
1	Alimentação	Terra GND
2	Alimentação	VCC ou +5V
3	VO	Tensão para ajuste de contraste
4	RS	Seleção: 1 - Dado, 0 - Instrução
5	R/W	Seleção: 1 - Leitura, 0 - Escrita
6	W Chip Select	1 ou (->0) - Habilita, 0 - Desabilita
7 - 14	B0 LSB a B7 MSB	Barramento de Dados
15	A	Anodo para LED Backlight
16	K	Catodo para LED Backlight

4.2.2 SENSOR DE TEMPERATURA LM35

O LM35 é um sensor de temperatura de precisão cuja a voltagem no pino de saída é linearmente proporcional à temperatura.

A figura 3 mostra o sensor de temperatura utilizado.



Figura 3 - Sensor de Temperatura LM35

Fonte: <http://www.sherkhan.net/blogs/frikadas/wp-content/uploads/2009/04/lm35dz.jpg>

Este sensor é capaz de operar dentro de uma faixa de temperatura que vai de -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$. A impedância de saída baixa do LM35, além de uma saída linear e uma medição precisa, faz com que a leitura de sua interface ou o circuito de controle deste sensor se torne bastante fácil (NATIONAL,1999).

Os principais recursos do sensor de temperatura LM35 são:

- Medição na escala de temperatura Celsius;
- Fator linear de escala correspondente a $+10.0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$;
- Modo de operação dentro de uma faixa de -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$;
- Adequado para aplicações remotas;

- Funcionamento de 4V a 30V;
- Baixa impedância de saída.

Na Figura 4, é mostrado o circuito elétrico do sensor LM35.

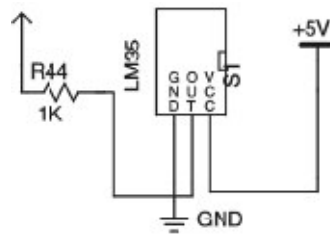


Figura 4 - Circuito elétrico do LM35 (NATIONAL, 1999)

O pino GND corresponde ao aterramento do sensor (fio preto) enquanto que o pino OUT corresponde à saída analógica do LM35 para medição da temperatura (fio verde). VCC é o pino da saída de tensão do sensor (fio vermelho), onde é utilizado +5V.

Uma grande vantagem do LM35 é o baixo custo, aproximadamente R\$ 5,00 reais, e a facilidade de manuseio, mostrando-se muito eficaz para sistemas de controle de temperatura dentro da faixa de trabalho.

O Anexo A traz o *datasheet* do LM35, contendo todas as informações do fabricante.

4.2.3 CI 4093

O Circuito Integrado CMOS 4093 é um dos mais versáteis da família, podendo ser usado numa infinidade de soluções em que se deseja constituir um oscilador, conformador de sinal, buffer digital, disparador ou mesmo em sua função normal NAND.

O circuito integrado 4093, consiste de 4 portas NAND disparadoras que podem ser usadas separadamente, essas portas podem funcionar com tensões de 3 a 15 V e configuradas na função lógica original, como inversores, amplificadores digitais e osciladores até uns 10 MHz. A pinagem está ilustrada na figura 5.

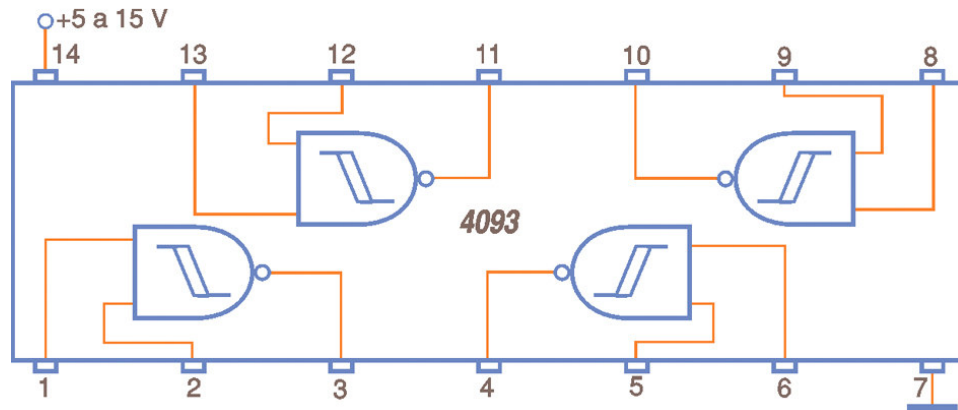


Figura 5 - Circuito Integrado 4093 NAND Interno

Fonte: <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/686>

Para esse projeto o CI 4093 foi conectado com os LDR, onde cada porta NAND foi inserido um LDR, para quando o LDR receber o sinal do Laser (bóia) o CI 4093 interpreta o sinal e verifica se emiti um sinal para o microcontrolador +5V ou 0V, de maneira que o microcontrolador interprete em qual nível está a água naquele momento e tome a ação de acordo com a programação no Apêndice A. A Figura 6 é ilustrado o Circuito Integrado 4093 NAND Externamente.



Figura 6 - Circuito Integrado 4093 NAND Externo

Fonte: <http://www.donberg.es/pics/4/4093.jpg>

4.2.4 LASER

O elemento responsável como bóia emissora de laser, utilizado nesse projeto foi o popular laser de Camelôs conhecido também como caneta laser. Este laser tem a função de bóia, de maneira que ao estar dentro sobre a água o mesmo emite o Laser para frente, onde se localiza os LDR que são os níveis, tendo então a posição do nível da água, laser ilustrado na figura 7.

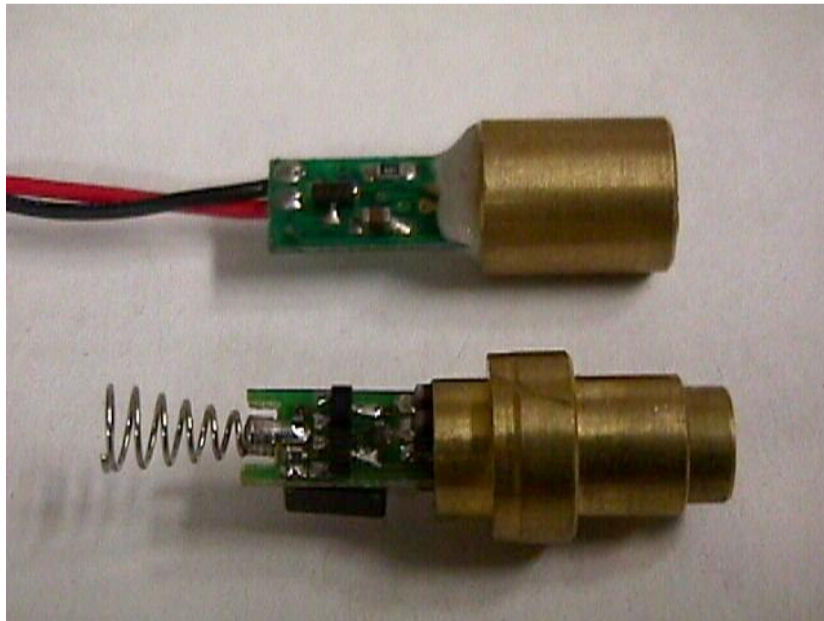


Figura 7 - Laser de caneta Laser

Fonte: <http://repairfaq.cis.upenn.edu/sam/laserpic/las101.jpg>

O laser utilizado custou R\$10,00 reais, possui uma tensão de +5V, corrente elétrica de aproximadamente 1A possui uma resistência de 100hms.

Na figura 8 é apresentado o Laser utilizado no protótipo.

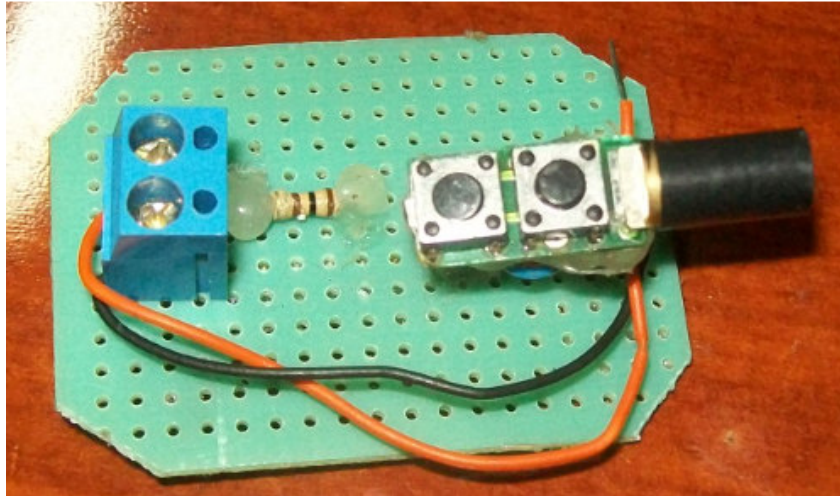


Figura 8 - Laser do protótipo (Autor)

4.2.5 LDR OU FOTOSENSOR

O LDR é um tipo de resistor cuja resistência varia conforme a intensidade de radiação eletromagnética do espectro visível que incide sobre ele.

Um LDR é um transdutor de entrada (sensor) que converte a (luz) em valores de resistência. Sua resistência diminui quando a luz é muito alta, e quando a luz é baixa, a resistência no LDR aumenta. Um multímetro pode ser usado para encontrar a resistência na escuridão ou na presença de luz intensa. Estes são os resultados típicos para um LDR padrão:

- Escuridão : resistência máxima, geralmente acima de $1M\ ohms$.
- Luz muito brilhante : resistência mínima, aproximadamente 100 ohms.

O LDR é muito freqüentemente utilizado nas chamadas fotocélulas que controlam o acendimento de poste de iluminação e luzes em residências. Também é utilizado em sensores foto-elétrico assim como foto-diodo. O LDR é ilustrado na figura 9.



Figura 9 - LDR Resistor Dependente de Luz

Fonte: <http://www.ledistronica.pt/shop/images/235%2026.jpg>

Para este projeto o LDR é utilizado para captar o Laser e acionar o microcontrolador, fazendo com que o microcontrolador interprete qual o nível em que se encontra naquele momento.

4.3.5 RESISTÊNCIA

O elemento responsável pelo aquecimento da água, utilizado nesse projeto foi à popular resistência utilizada para manter quentes os alimentos de restaurantes. Esta resistência tem a função de elevar a temperatura da água do protótipo e pode ser vista na figura 10.



Figura 10 - Resistência responsável por todo o aquecimento d'água do Projeto (Autor)

A resistência utilizada custou R\$ 60,00 reais, possui uma tensão de 220V, corrente elétrica de aproximadamente 7A e potência de 1500W.

4.2.7 PROTÓTIPO DO RECIPIENTE OU CAIXA D'ÁGUA

O equipamento responsável para simular o recipiente ou caixa d'água e também o compartimento onde é aquecida a água foi construído com a utilização de material de um aquário. O aquário possui uma medida preestabelecida para uma melhor simulação. O protótipo tem por medida 0,3m de comprimento, 0,15m de largura e 0,15m de profundidade, obtendo um volume total de água de 6,75L no protótipo, podendo ser visualizado na figura 11.



Figura 11 - Recipiente ou Caixa D'água

4.3 KIT DE CONTROLE

O kit didático de controle confeccionado pelo autor é um kit para o desenvolvimento de projetos eletrônicos micro-controlados com intuito de proporcionar o máximo em desenvolvimento de protótipos e facilitar o trabalho do usuário, o qual possui vários componentes eletrônicos integrados, facilitando os projetos utilizando microcontroladores. O kit possui três placas sendo que a primeira é a principal, o segundo é a controladora do relé e a terceira é a controladora dos LDR, na qual informam os níveis, unindo-se as três placas obtêm-se o kit de controle.

O Layout da placa controladora do relé pode ser visualizado na figura 12.

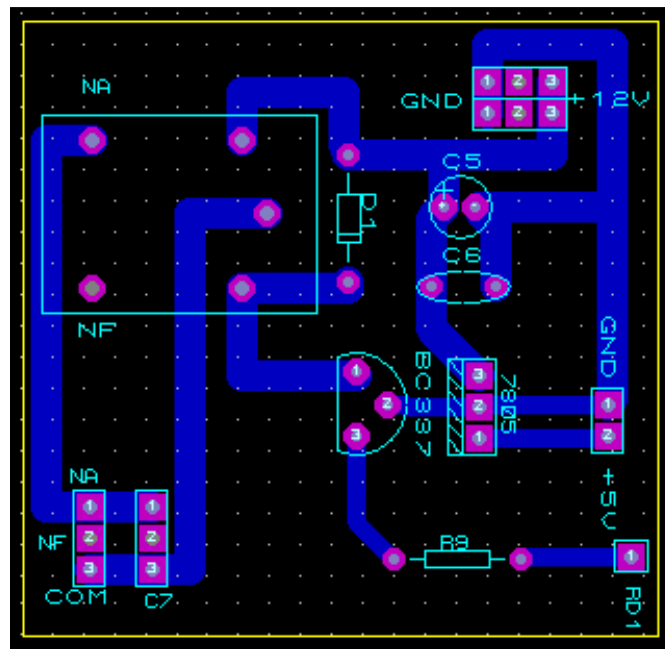


Figura 12 - Layout da placa controladora de relé (Proteus 7)

O Circuito Elétrico da placa controladora do relé pode ser visualizado na figura 13.



Figura 13 - Circuito elétrico da placa controladora de relé (Autor)

No circuito elétrico da placa pode-se visualizar a existência de um relé, equipamento principal dessa placa. A placa possui uma entrada de 12V e um aterramento que são diretamente ligados na entrada de 12V. Essa placa alimenta a placa principal enviando 5V, por isso, foi utilizado um regulador de tensão 7805 na placa controladora do relé, garantindo que os pinos do microcontrolador seja de 5V. Essa placa também possui a entrada RD1 que é ligada diretamente ao pino do microcontrolador, no caso RD1, essa porta foi definida no código, fonte disponível no apêndice A, desta forma a placa é alimentada e o relé é ligado ou desligado de acordo com a programação. A definição dessa porta está ilustrada na figura 14.

```

PCW C Compiler IDE
File Project Edit Options Compile View Tools Debug Help
Microchip 14 bit
Projeto Final.c

//**** Definições do microcontrolador utilizado ****
#include <16f877.h>
#define adc=10

//**** Diretiva que especifica o estado dos "fusíveis da palavra de configuração do dispositivo ****
#define fuses xt,nolvp,nowdt,nolvp,nobrownout,put,nodebug,protect,nowrt,cpd

//**** Utiliza biblioteca de delay para geração de código de atraso ****
#include delay(clock=4000000)
//#use rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7) // Configura Usart
//#use i2c(master,sda=pin_c4, scl=pin_c3, SLOW, RESTART_WDT, FORCE_HW)

#include <mod_lcd.c>

//**** Configurações dos Bancos de Memória ****
#define SENSOR_LM35 PIN_A3 // Sensor de Temperatura ligado na Porta a e no Pino 3
#define LED_ENT_AQUA PIN_D0 // Botao ligado na Porta D e no Pino 0
#define RELE_RES PIN_D1 // Rele Resistência ligado na Porta D e no Pino 1
#define ROTINA_2N PIN_C1 // Botao ligado na Porta C e no Pino 1
#define ROTINA_3N PIN_C2 // Botao ligado na Porta C e no Pino 2
#define ROTINA_4N PIN_C3 // Botao ligado na Porta C e no Pino 3
#define LDR_1 PIN_B0 // Botao ligado na Porta B e no Pino 0
#define LDR_2 PIN_B1 // Botao ligado na Porta B e no Pino 1
#define LDR_3 PIN_B2 // Botao ligado na Porta B e no Pino 2
#define LDR_4 PIN_B3 // Botao ligado na Porta B e no Pino 3
#define LED_1 PIN_B4 // Botao ligado na Porta B e no Pino 4
#define LED_2 PIN_B5 // Botao ligado na Porta B e no Pino 5
#define LED_3 PIN_B6 // Botao ligado na Porta B e no Pino 6
#define LED_4 PIN_B7 // Botao ligado na Porta B e no Pino 7

```

Figura 14 - Definição da Porta de Relé

O layout elétrico da placa controladora dos LDR pode ser visualizado na figura 15.

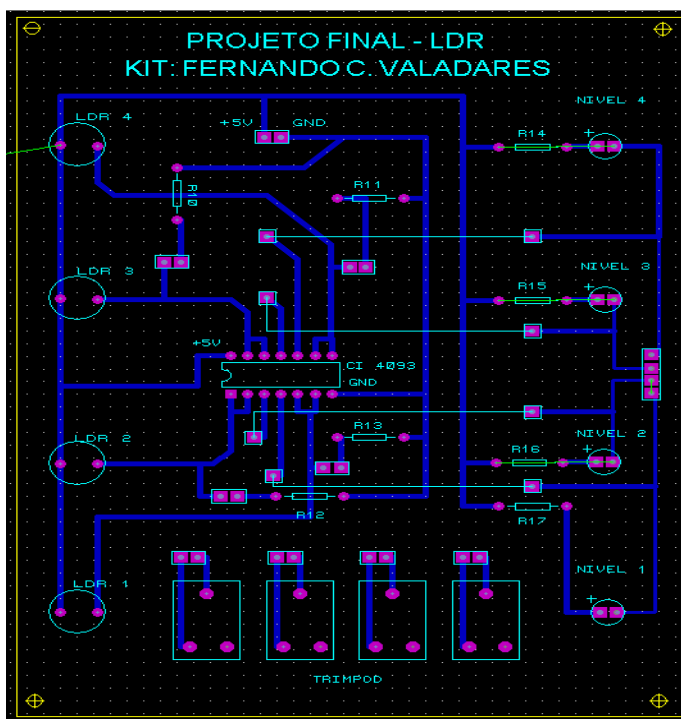


Figura 15 - Layout elétrico da placa controladora dos LDR (Proteus 7)

O Circuito Elétrico da placa controladora dos LDR pode ser visualizado na figura 16.



Figura 16 - Circuito elétrico da placa controladora dos LDR (Autor)

No esquema elétrico da placa pode-se visualizar a existência de quatro LDR, equipamento principal dessa placa, sinalizando quatro níveis de controle. A placa possui uma saída de 5V, vários componentes como resistência e LED, quatro TRIMPOD de 500K para regular a sensibilidade de luz nos LDR e um CI 4093 NAND no qual é ligado diretamente aos pinos do microcontrolador, no caso RB0, RB1, RB2 e RB3 essas portas foram definidas no código, fonte disponível no apêndice A, desta forma a placa recebe a luz do laser e gerar um sinal para o microcontrolador, no qual informa o nível de acordo com a programação. A definição dessa porta está ilustrada na figura 17.

```

**** Definições do microcontrolador utilizado ****
#include <16F877.h>
#define adc=10

**** Diretiva que especifica o estado dos "fusíveis da palavra de configuração do dispositivo" ****
#define xt,nolvp,nowdt,nolvp,nobrownout,put,nodebug,protect,nowrt,cpd

**** Utiliza biblioteca de delay para geração de código de atraso ****
#define delay(clock=4000000)
// #use rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7) // Configura Usart
// #use i2c(master,sda=pin_c4, scl=pin_c3, SLOW, RESTART_WDT, FORCE_HW)

#include <mod_lcd.c>

**** Configurações dos Bancos de Memória ****
#define SENSOR_LM35 PIN_A3 // Sensor de Temperatura ligado na Porta a e no Pino 3

#define LED_ENT_AGUA PIN_D0 // Botao ligado na Porta D e no Pino 0
#define RELE_RES PIN_D1 // Rele Resistência ligado na Porta D e no Pino 1

#define ROTINA_2N PIN_C1 // Botao ligado na Porta C e no Pino 1
#define ROTINA_3N PIN_C2 // Botao ligado na Porta C e no Pino 2
#define ROTINA_4N PIN_C3 // Botao ligado na Porta C e no Pino 3

#define LDR_1 PIN_B0 // Botao ligado na Porta B e no Pino 0
#define LDR_2 PIN_B1 // Botao ligado na Porta B e no Pino 1
#define LDR_3 PIN_B2 // Botao ligado na Porta B e no Pino 2
#define LDR_4 PIN_B3 // Botao ligado na Porta B e no Pino 3
#define LED_1 PIN_B4 // Botao ligado na Porta B e no Pino 4
#define LED_2 PIN_B5 // Botao ligado na Porta B e no Pino 5
#define LED_3 PIN_B6 // Botao ligado na Porta B e no Pino 6
#define LED_4 PIN_B7 // Botao ligado na Porta B e no Pino 7

```

Figura 17 - Definição das Portas dos LDR (níveis)

A outra placa que forma o kit completo possui vários componentes eletrônicos, como nove resistências, cinco capacitores, cinco LEDs, um TRIMPOD para regular a sensibilidade de luz no Display LCD e um PIC16F877. Essa placa é alimentada por uma tensão de 5V. O Microcontrolador PIC 16F877 é o elemento principal dessa placa e seus pinos são alimentado por uma tensão de 5V. No kit há várias saídas, sendo que uma saída é a tensão de entrada e quatro saídas são de 5V. Através dessas saídas são alimentados todos os equipamentos do projeto; sensor de temperatura, microcontrolador, display LCD, o LASER e LDR.

O layout elétrico da placa principal pode ser visualizado na figura 18.

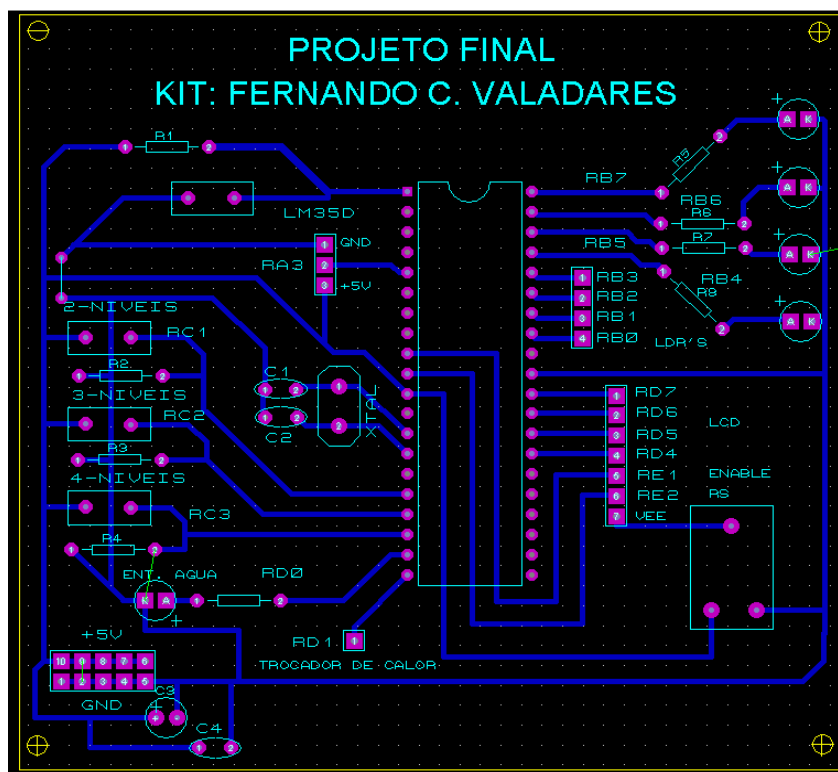


Figura 18 - Esquema elétrico da placa Principal (Proteus 7)

O circuito elétrico da placa principal pode ser visualizado na figura 19.

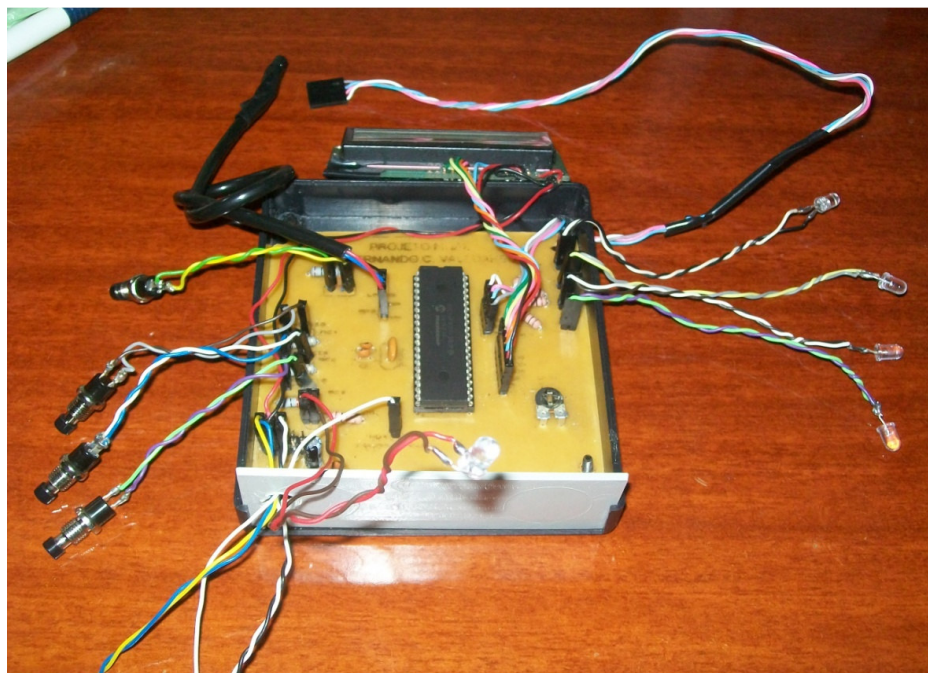


Figura 19 - Circuito elétrico da placa Principal (Autor)

Diferentemente de outros kits, o kit de controle desenvolvido não possui ligações físicas permanentes entre o microcontrolador e os periféricos. Desta forma, é possível fazer todas as ligações, adequando da melhor forma possível.

O Kit é o componente principal desse protótipo e todos os componentes podem ser visualizados no esquema elétrico desenvolvido pelo software de simulação Proteus, conforme a figura 20.

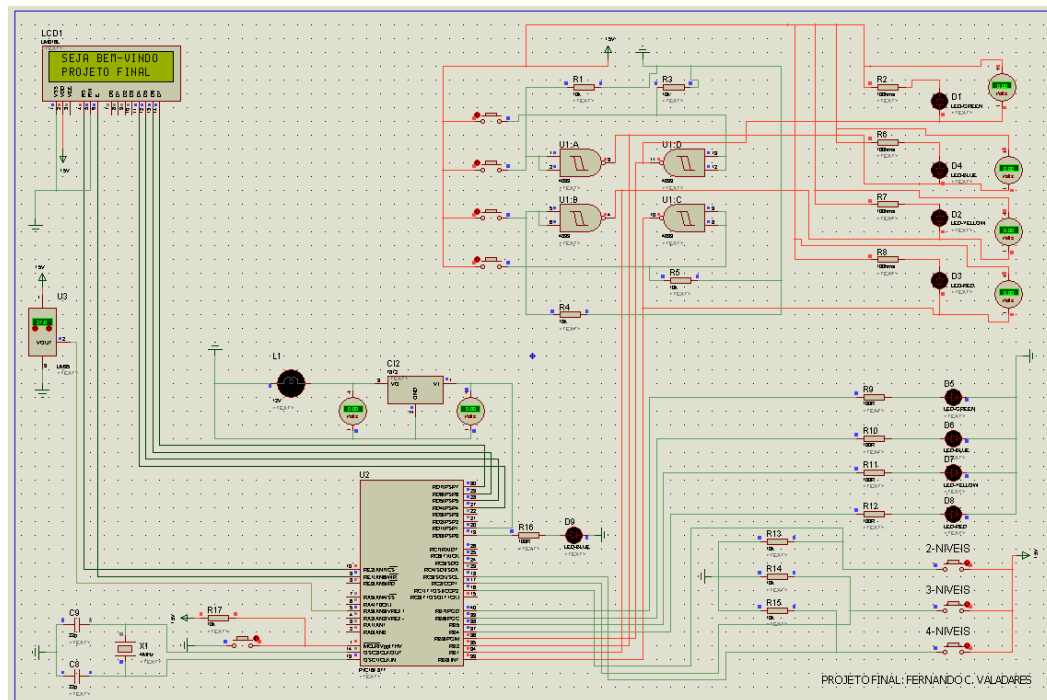


Figura 20 - Esquema elétrico de Todas as placas (Autor)

O Kit confeccionado pelo autor é a união de todas as placas, então unindo as figuras 8, 13, 16 e 19 forma o Kit. Segue ilustrado nas figuras 21 e 22.

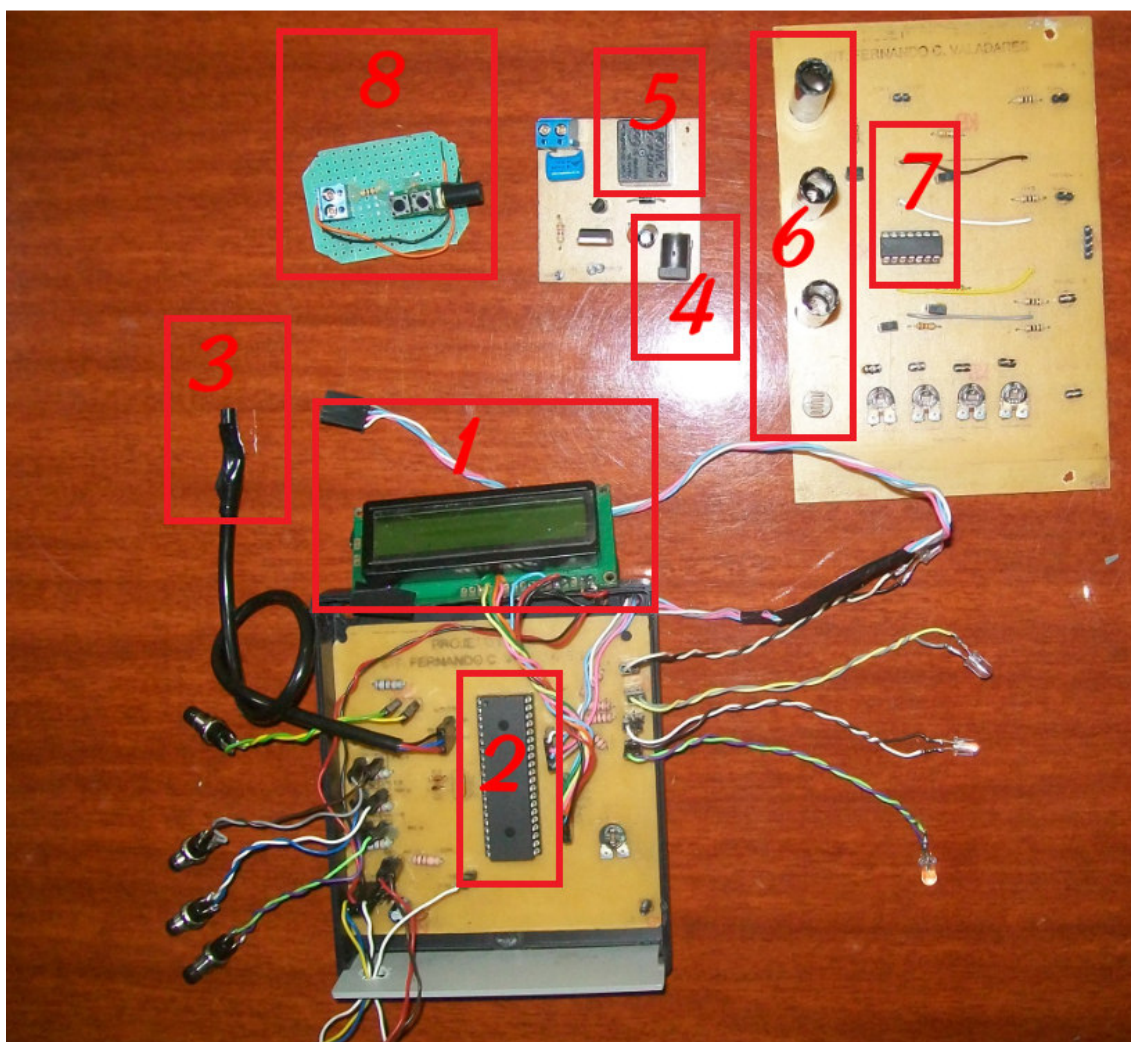


Figura 21 - Kit confeccionado aberto (Autor)

O kit é composto de 8(oito) módulos principais:

- 1 - Display LCD 16X2;
- 2 - Microcontrolador PIC 16F877;
- 3 - LM35 (Sensor de Temperatura);
- 4 - Fonte de Alimentação de 12V (Volts);
- 5 - 1 Relés de 7A(Amperes);
- 6 - 4 LDR (Fotocélula);
- 7 - CI 4093 (NAND);
- 8 - LASER;



Figura 22 - Kit confeccionado fechado (Autor)

Como o equipamento foi confeccionado para a utilização nesse projeto, foram utilizados todos os módulos citados, conforme figura 23.

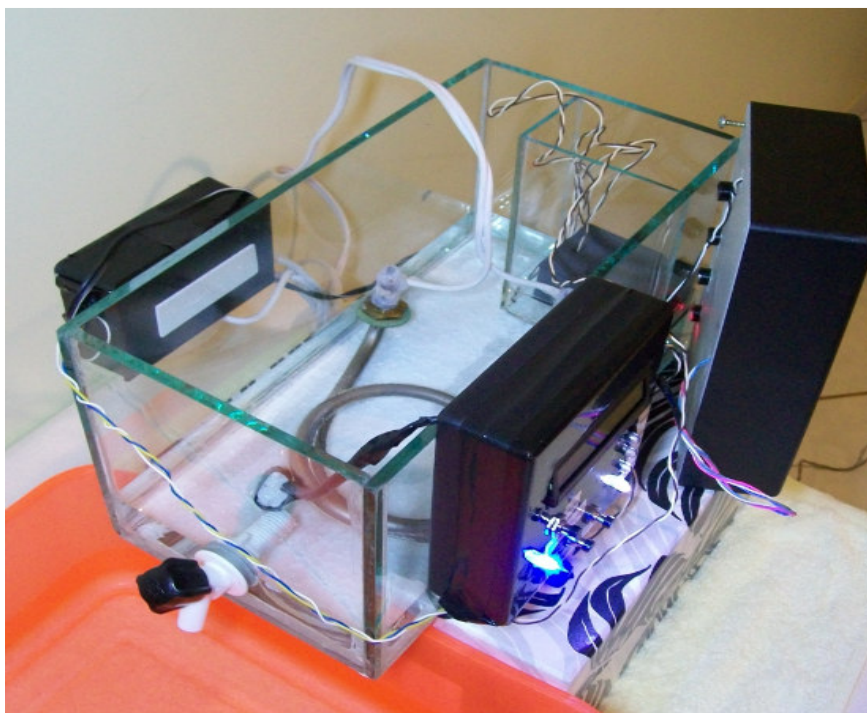


Figura 23 - Kit confeccionado em funcionamento (Autor)

5. IMPLEMENTAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL

5.1 PROTÓTIPO

O protótipo desenvolvido é um sistema que permite realizar as medições necessárias e o controle de temperatura dentro de uma faixa pré-estabelecida. Para medir a temperatura do recipiente, foi utilizado um sensor de temperatura LM35. O sensor encontra-se ligado ao conversor analógico/digital do PIC, ou seja, o sinal enviado pelo sensor é convertido para digital. Para fazer essa conversão foi utilizado o máximo de bits de resolução que o microcontrolador suporta, um total de 10 bits, garantindo assim uma maior precisão para a medição do sensor.

Para fins de implementação desse projeto, o sensor de temperatura foi protegido, utilizando um cabo blindado usado em microfones e por uma camada de cola de araldite®, já que este ficará submerso, evitando desta forma, uma maior interferência. O sensor ficará anexado ao fundo do recipiente, fazendo a leitura da temperatura da água próxima do aquecimento, assim, quando a água alcançar a temperatura pré-estabelecida no sistema, o aquecedor é desligado automaticamente. O sensor de temperatura LM35 pode ser visualizado em destaque na figura 24.



Figura 24 - Sensor de temperatura protegido visto no protótipo (Autor)

O tipo e o modelo de resistência utilizado deve-se ao fato da quantidade de água que precisa ser aquecida num determinado período de tempo, foram realizados os cálculos para definição da potência necessária para o aquecimento da água entre 1 minuto e meio a 2 minutos. Esta escolha foi feita devido ao tempo que será possível a visualização do funcionamento do protótipo pela banca.

Além da resistência, o relé é o elemento atuador deste protótipo e seu modo de operação é bem simples. Quando o pino ao qual está conectado no microcontrolador é levado a nível lógico 1 (um), através de programação, o relé é acionado. Quando este mesmo pino é levado a nível lógico 0 (zero), o relé é desligado, essas condições foram definidas no código fonte.

Alguns indicadores mostram que a temperatura de banheira ou lavatório é superior ao nível seguro. O protótipo está dentro de um intervalo pré-seguro, que é normalmente 34-37 graus, porém para banheira pode chegar a 42-47 graus, mas

para efeito do projeto foi utilizado o intervalo de 30-35 graus, no qual pode ser visualizada a programação do intervalo na figura 25.

```

PCW C Compiler IDE
File Project Edit Options Compile View Tools Debug Help
Microchip 14 bit
Projeto Final.c

nível = 3; // Atualiza variavel nivel com o numero 3
strcpy(EA, "FECHADO"); // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
output_B(0b01111111); // Ativa o Pino B4, B5 e B6 e liga o LED_1, LED_2 e LED_3
}

IF (!input(LDR_4)) // Se Desativou LDR_4, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_4
{
    nível = 4; // Atualiza variavel nivel com o numero 4
    strcpy(EA, "FECHADO"); // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
    output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
    output_B(0b01111111); // Ativa o Pino B4, B5, B6 e B7 e liga o LED_1, LED_2, LED_3 e LED_4
}

IF (aux<=30) // Se Temperatura calculada é menor ou igual a 30 °C
{
    output_high(RELE_RES); // Ativa o Pino D0 e liga a Resistencia
    strcpy(TC, "SI"); // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "SI"
}

IF (aux>35) // Se Temperatura calculada é maior que 35 °C
{
    output_low(RELE_RES); // Desativa o Pino D0 e desliga a Resistencia
    strcpy(TC, "N0"); // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "N0"
}
}
    
```

Figura 25 - Código Fonte do controle do Relé

Assim, para que o circuito se mantenha fechado quando o relé for levado ao nível lógico 1 (um), a resistência foi conectada na saída NA (normalmente aberto) e C (comum) do relé. No momento em que o microcontrolador envia as informações para o acionamento do relé, a saída NA passa a ficar NF (normalmente fechado), fechando o circuito e possibilitando a passagem de corrente para a resistência. A figura 26 mostra a resistência ligada.

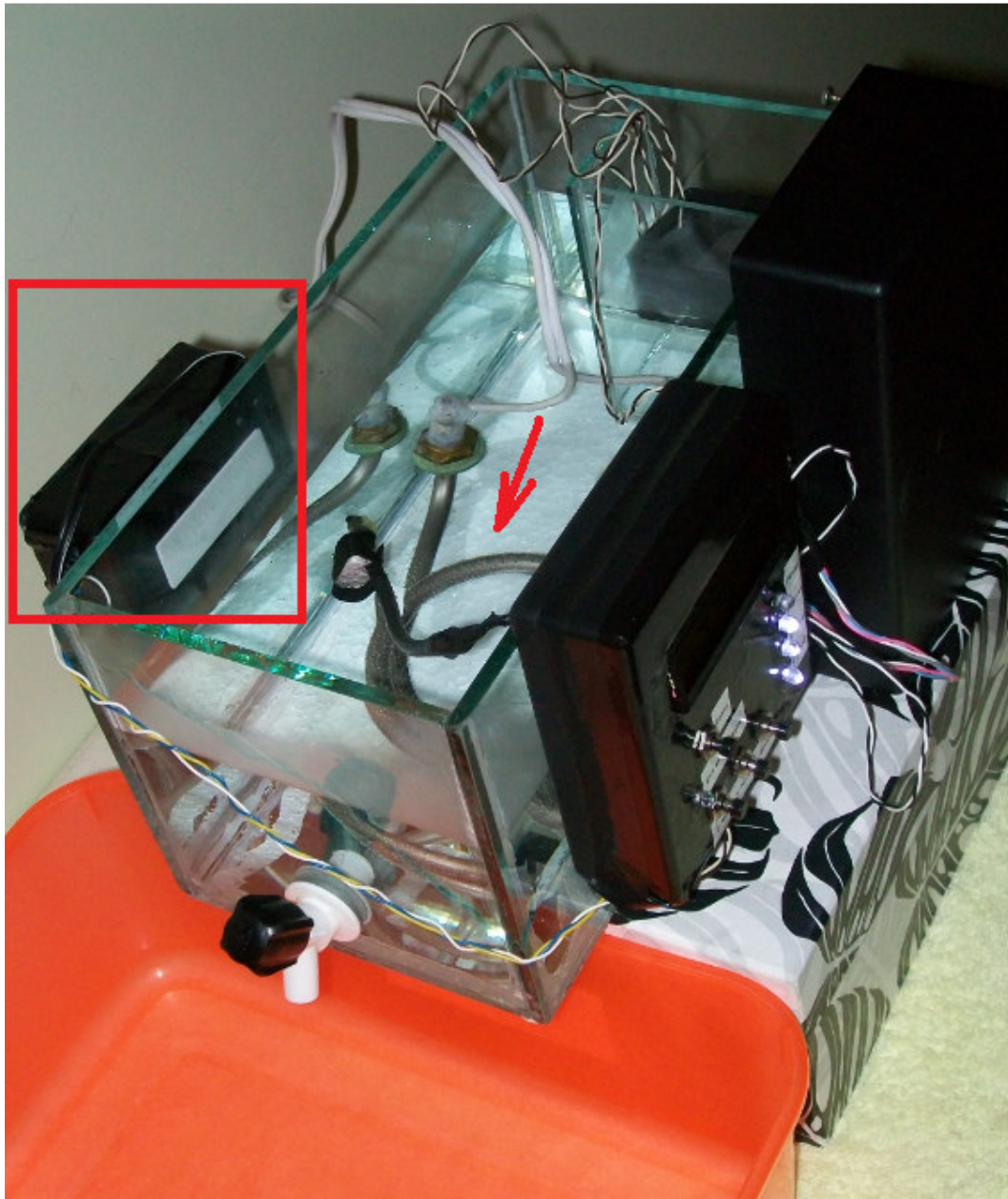


Figura 26 - Resistência ligada no circuito para acionamento (Autor)

5.2 PROGRAMAÇÃO DO KIT

O código fonte do kit foi desenvolvido na linguagem de programação C e foi utilizado o compilador PIC C COMPILER da CCS para gerar o código em hexadecimal (.hex). Utilizou-se essa linguagem devido a sua facilidade e sua gama de funções e manipulações de variáveis, tornando a programação mais simples.

Com a programação concluída, realizou-se a compilação do programa, e gerou-se um arquivo com extensão hexadecimal (.hex). Na figura 27 pode-se visualizar o processo de compilação realizado pelo PIC C COMPILER.

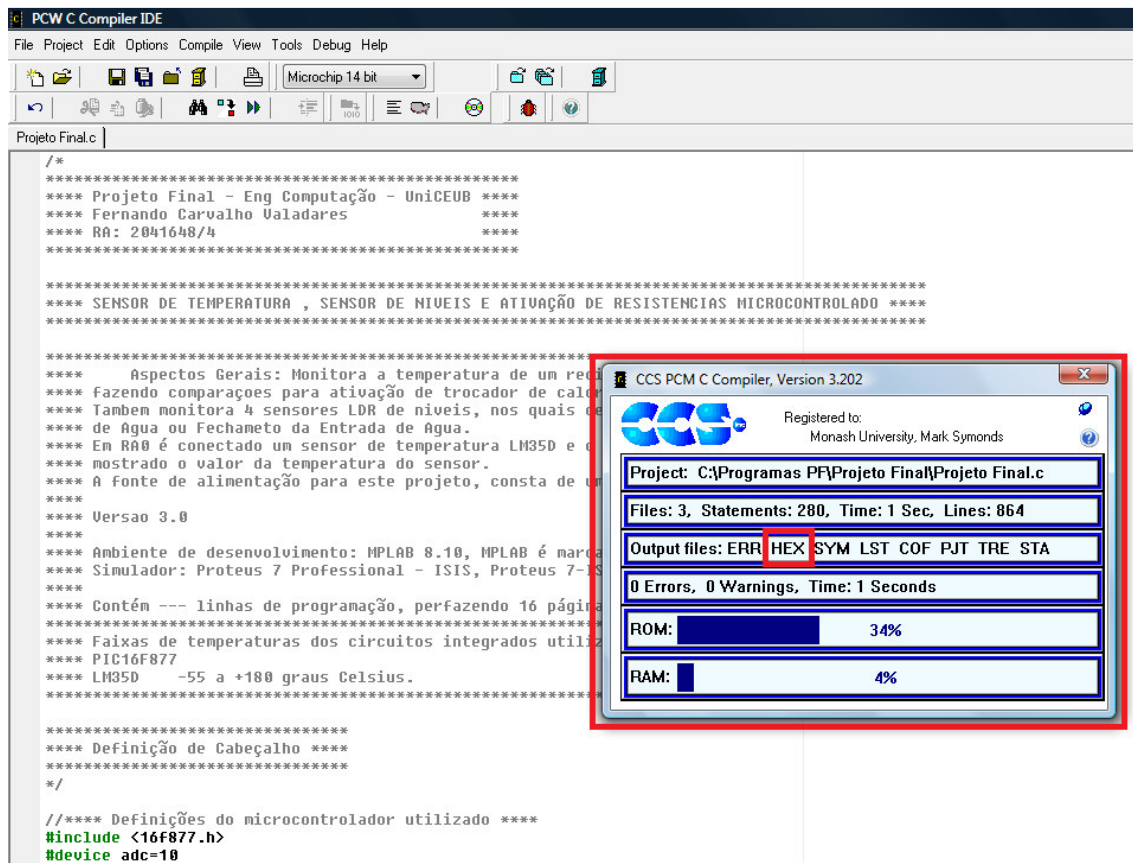


Figura 27 - Compilação do Software (Autor)

Após realizado esse processo, é necessário utilizar um programa para fazer a gravação do código gerado pelo PIC C COMPILER na memória do microcontrolador PIC utilizado. O aplicativo responsável por essa gravação é o ICProg. Esse processo de gravação do arquivo hexadecimal no PIC pode ser visualizado na figura 28.

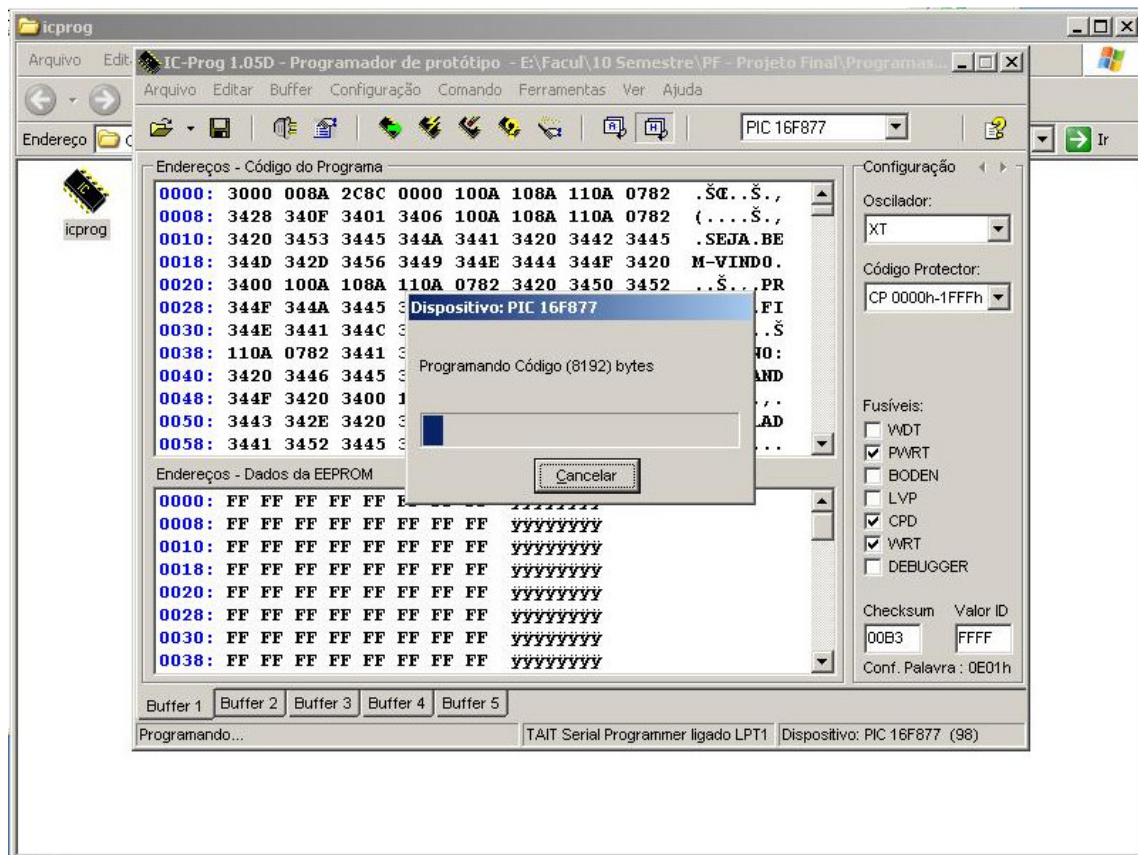
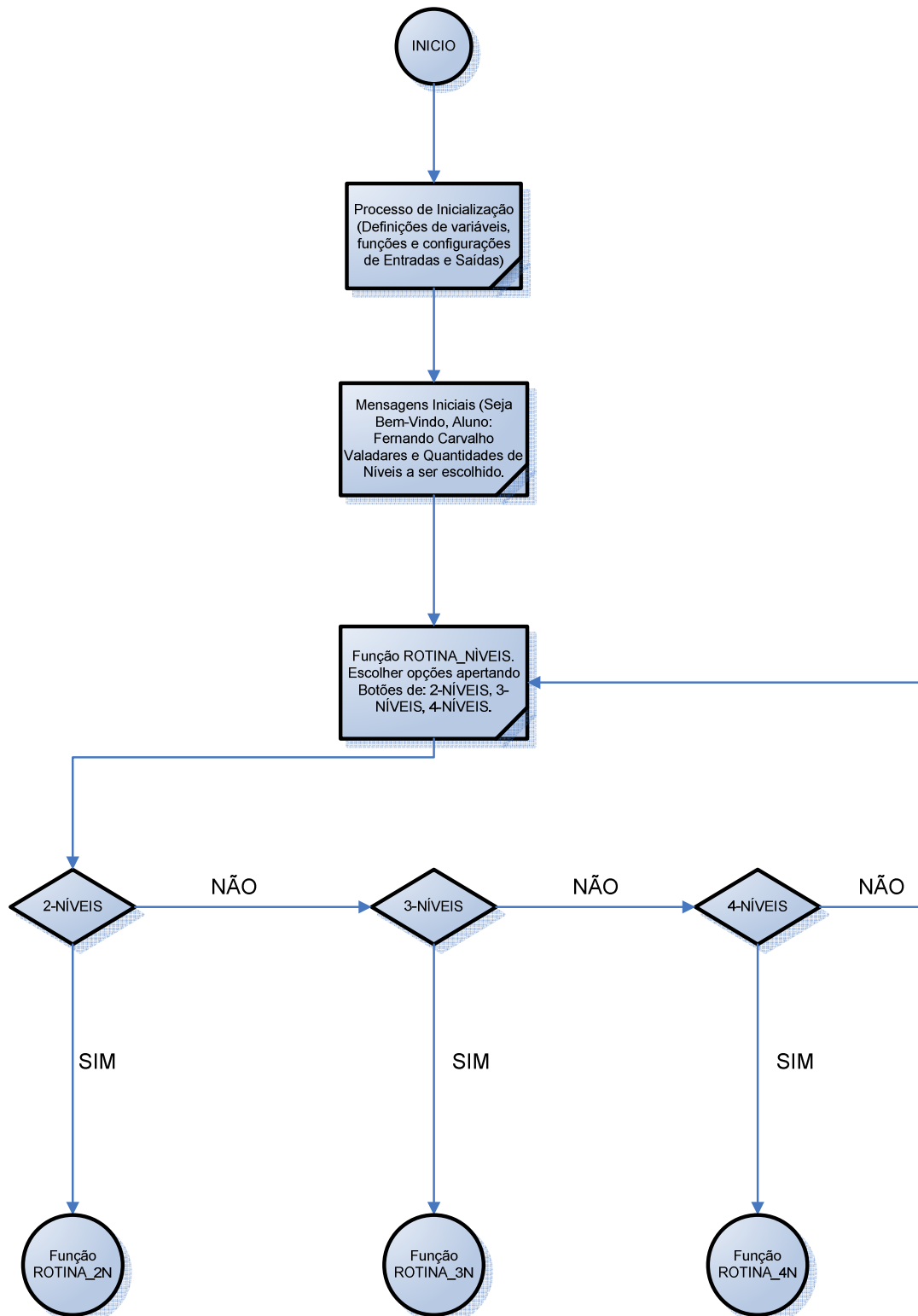
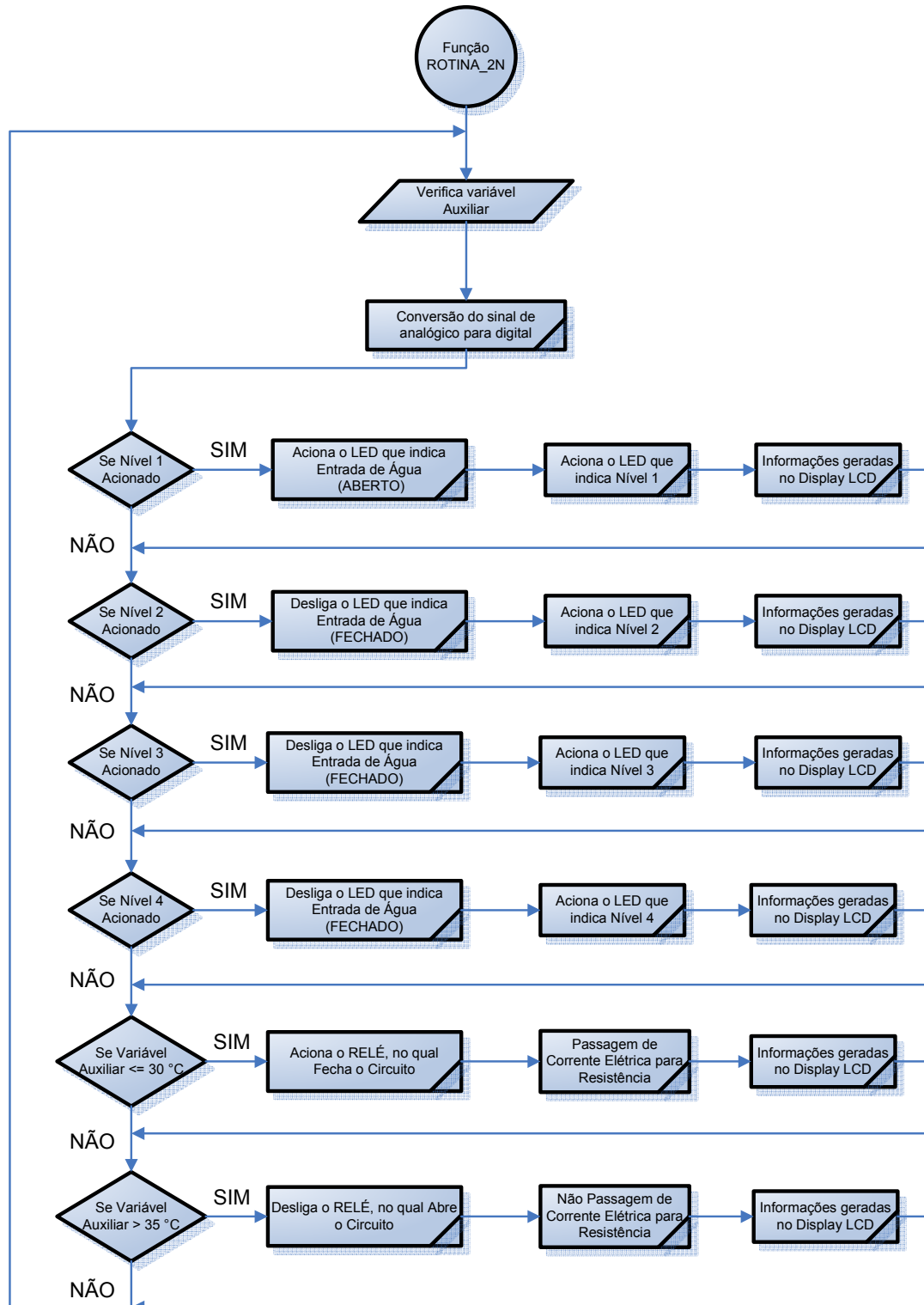
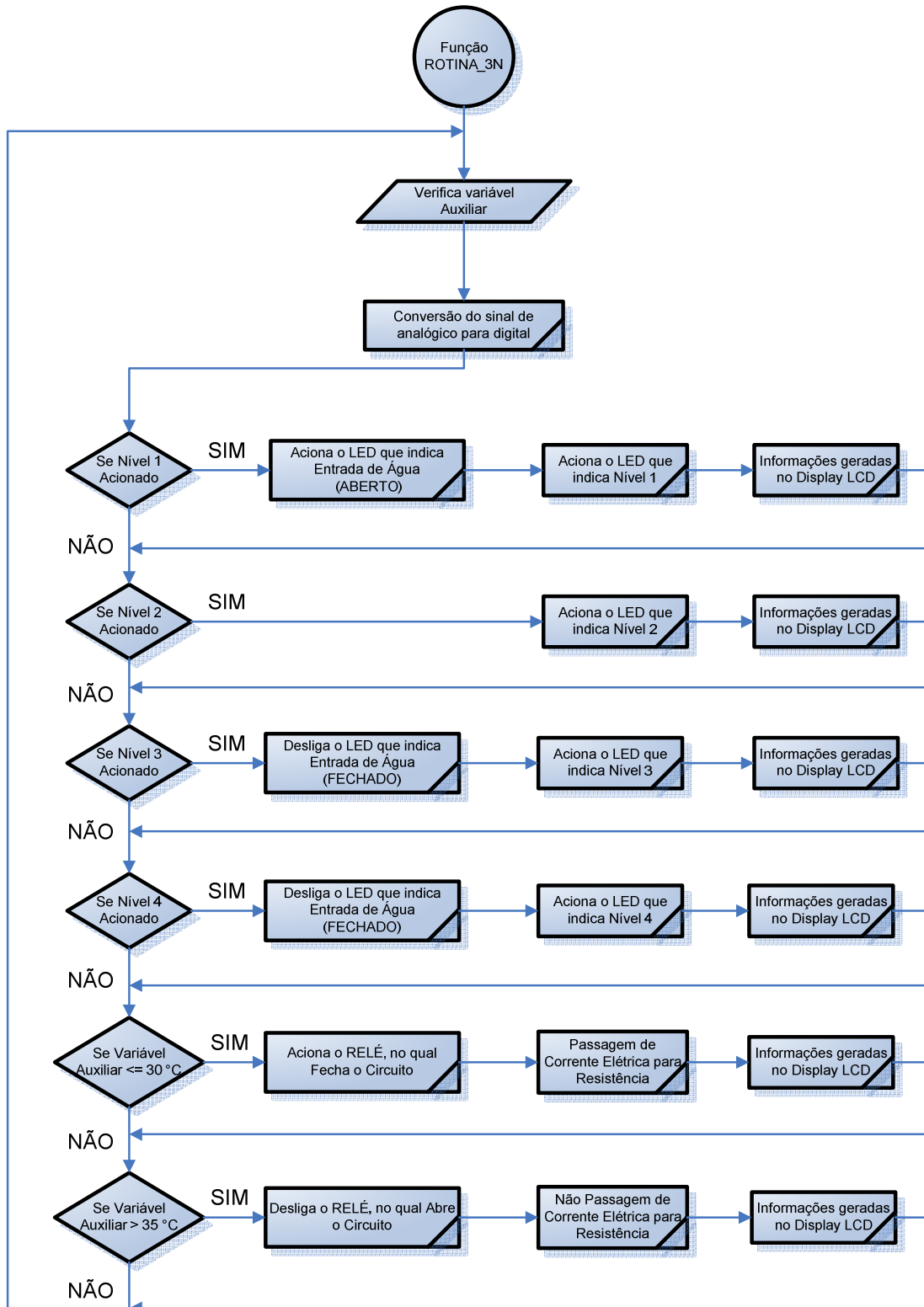


Figura 28 - Tela de gravação do código Hexadecimal na memória do PIC. (Autor)

O software responsável por todo o controle dos componentes presentes nesse projeto, cujo código está disponível no apêndice A, pode ser ilustrado através do seguinte fluxograma mostrado na figura 29.







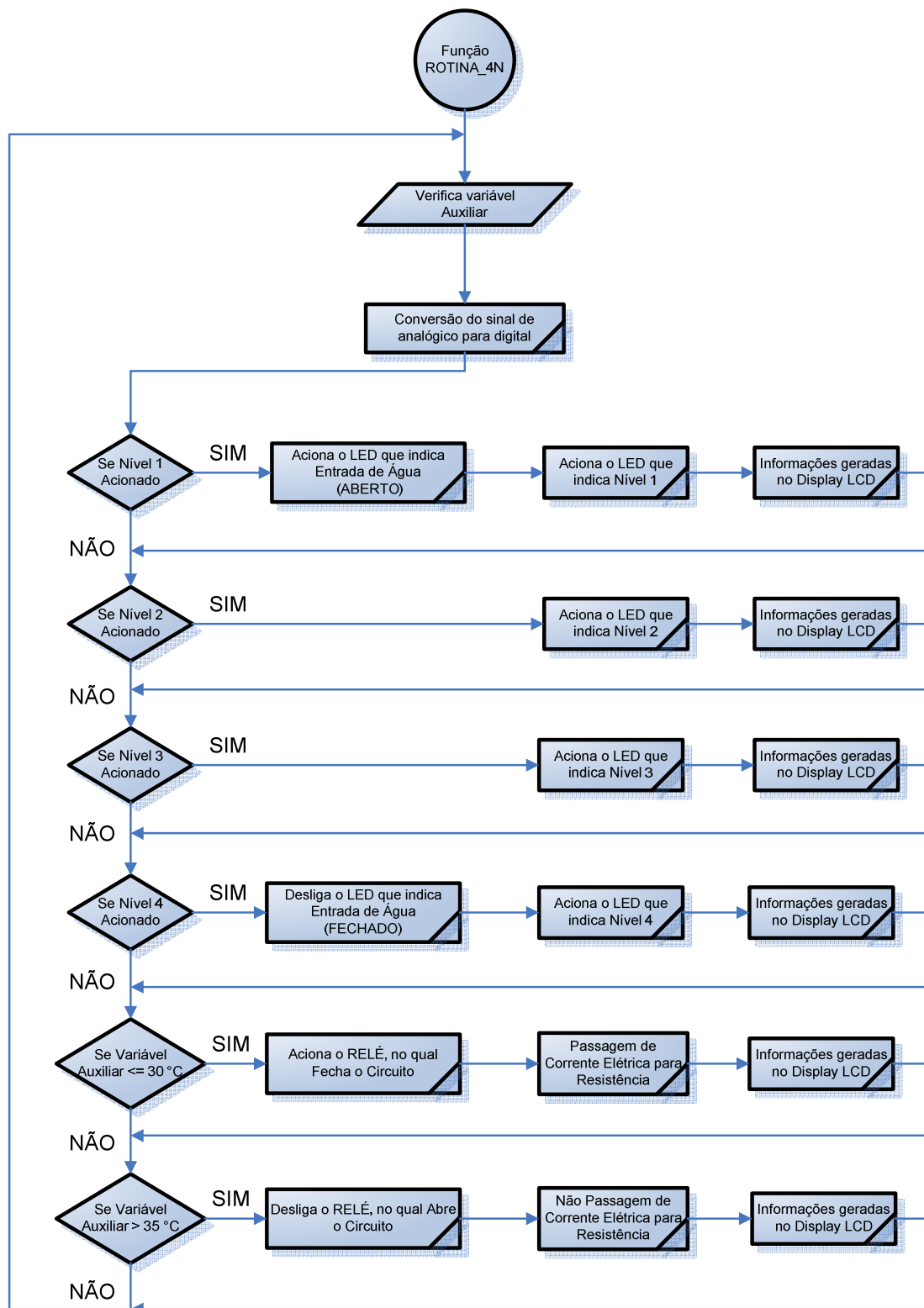


Figura 29 - Fluxograma do software implementado pelo autor. (Autor)

5.3 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

Após a implementação dos equipamentos, foi feita a interação dos mesmos. Para que esse conjunto alcance um dos objetivos citados que é manter o controle da temperatura do recipiente na faixa pré-estipulada, o papel do microcontrolador é de fundamental importância, pois o mesmo é o elemento central do protótipo responsável por todo o controle. O microcontrolador estabelece e comanda todos os recursos responsáveis para o funcionamento do protótipo, de acordo com a programação inserida em sua memória.

O programa desenvolvido pelo autor permite que o microcontrolador comande o funcionamento do relé, através de um sinal de entrada que é obtido pelo sensor de temperatura e verifica em qual nível se situa através da leitura do LDR. O sinal da temperatura é convertido de analógico para digital utilizando o maior número de bits que o microcontrolador suporta 10 bits, o sinal dos níveis também permite comandos lógicos passados pelo microcontrolador para acender o LED do nível, a conversão de temperatura, os níveis, e algumas informações de entrada de água e trocador de calor é mostrada instantaneamente no display LCD embutido no kit desenvolvido. A partir do sinal final convertido e o sinal de níveis, as condições para o acionamento ou desligamento do relé e entrada de água é estabelecida.

Deste modo, quando a temperatura do recipiente registrada for menor ou igual a 30°C, o relé é acionado e então o circuito é fechado, permitindo que haja passagem de corrente elétrica para a resistência, fazendo com que a temperatura da água seja elevada. Já o controle de níveis vai verificar qual a opção de eficientização desejada e através da mesma verificará se haverá o acionamento de entrada de água fria. Na figura 30 é possível observar que quando o display LCD mostra a temperatura registrada menor ou igual a 30° C, indicando que o relé será acionado e qual nível está posicionado trazendo também as informações de Entrada de Água.



Figura 30 - Relé ligado quando a temperatura registrada for menor ou igual a 30 °C e nível de água (Autor)

Por outro lado, quando a temperatura visualizada no display for maior ou igual a 35°C, o relé automaticamente será desligado e ocorrerá a abertura do circuito havendo uma interrupção na passagem de corrente elétrica para a resistência. Esse processo pode ser visualizado na figura 31.



Figura 31 - Relé desligado quando a temperatura registrada for maior que 35 °C (Autor)

Esse procedimento é repetido infinitas vezes como foi mostrado no fluxograma no Apêndice B, a partir do momento que todos os equipamentos são ligados na corrente elétrica, permanecendo ativo pelo período de tempo que o usuário desejar, e mantendo a temperatura do recipiente variando na faixa predeterminada, entre 30° C e 35° C.

5.4 DIFICULDADES

As principais dificuldades encontradas nesse projeto foram:

- Confecção do Kit;
- Linguagem de programação;
- Conseguir a temperatura adequada pelo sensor de temperatura;
- Mostrar as mensagens no Display LCD, principalmente mostrar a temperatura;
- Mostrar os Níveis no Display LCD;

Primeiramente a idéia era utilizar um kit disponível no laboratório do UNICEUB, no caso o kit didático LABPIC, porém este kit não funcionou da maneira adequada. Com isso foi comprado um kit didático que também não atendeu a necessidade, pois o kit utilizava 8051, no qual não tinha o conversor A/D. Então foi desenvolvido um kit didático com todas as funções e equipamentos necessários para o funcionamento do projeto, utilizando também o PIC 16F877. Como tudo foi confeccionado, se fez necessário um grande aprendizado, junto a uma grande pesquisa sobre o software PROTEUS e também a descoberta de problemas como curto-circuito, solda mal feita e problemas sem justificativas perceptíveis. A solução encontrada foi desenvolver uma nova placa confeccionada com mais cautela, evitando esses pequenos problemas citados anteriormente e com isso garantindo o funcionamento adequado do protótipo conforme os objetivos propostos.

Além dos problemas com o kit, a linguagem de programação inicialmente escolhida foi o Assembly, após a lógica de programação ter sido concluída precisaram-se gerar os resultados no LCD, sendo assim foi feito as mensagens e depois de algumas mensagens transmitidas o programa parava de funcionar como se não pudesse mais carregar as mensagens para o LCD, foi verificado então memória e processamento do PIC e concluído que estava sendo utilizado pouco espaço, podendo assim gerar mais mensagens, como o problema persistiu foi trocado toda a linguagem para C, onde o mesmo foi concluído com sucesso.

Também o sensor de temperatura apresentou diversos problemas, o que gerou grandes dificuldades para a conclusão deste projeto no prazo programado. As temperaturas que eram convertidas pelo microcontrolador de analógica para digital, não coincidiam com a temperatura real da água, comprometendo o funcionamento do relé. A solução encontrada pelo autor foi ler as especificações do sensor de temperatura LM35 e criar com isso uma variável chamada aux (auxiliar), como pode ser visto no apêndice A deste trabalho e com isso foi atribuído o valor da conversão analógica para digital a variável criada. Com isso, o problema relacionado ao acionamento e desligamento do relé devido à temperatura foi resolvido.

Outro problema encontrado foi com relação a mostrar a temperatura no display LCD. Foi desenvolvido um software que quando simulado, funcionava de maneira adequada e mostrava a temperatura no LCD conforme o esperado, quando o código foi gravado no Microcontrolador e foram feitos os testes, não aparecia a temperatura; primeiro concluiu-se que o código não havia sido gravado no microcontrolador, então esse procedimento foi repetido algumas vezes, porém o problema persistiu, após alguns dias descobriu-se que o problema era no código fonte e com isso após consultar algumas bibliografias o autor descobriu que existia uma função chamada `mod_lcd` que facilitava esse procedimento. Com isso, a temperatura foi mostrada no dispositivo normalmente.

Também ocorreu dificuldade em fazer o Laser boiar e também alinhar aos LDR, pois o mesmo estava muito variável quando havia a entrada ou saída de água, pois o Laser se movia de maneira turbulenta, então foram criadas duas colunas de vidro dentro do protótipo, fazendo com que o Laser se alinhasse. E para o Laser boiar foi colocado o Laser dentro de uma caixa de plástico, fazendo com que não entrasse água em seu circuito, resolvendo assim esta dificuldade.

Por último, foi a transmissão dos níveis para o LCD, utilizando a função chamada `mod_lcd`. No ambiente de simulação do PROTEUS foi realizado com sucesso, porém no protótipo após a gravação no PIC o mesmo estava travando, não gerando a informação necessária, foi descoberto então que os LEDs que estavam sendo acionados antes de passar a informação para o PIC estavam também consumindo

uma tensão suficiente para não acionar a porta do PIC, fazendo com que o PIC não tomasse a atitude conforme a programação, então foram retirados esses LEDs do projeto. Com isso o PIC funcionou perfeitamente.

5.5 TESTES E RESULTADOS

Os ensaios realizados tiveram como metas a obtenção dos seguintes resultados:

1. Certificar a correta operacionalidade da bancada construída;
2. Verificar se o trocador de calor selecionado apresenta a capacidade suficiente para aquecer o fluxo d'água necessário para os testes;
3. Verificar a correta operação do microcontrolador e a sua interface com o sensor de temperatura e níveis;
4. Verificar a sensibilidade do sensor de temperatura adotado e níveis;
5. Verificar a estabilidade e funcionalidade do sistema desenvolvido em linguagem C;

Esta fase do trabalho objetivou testar todas as funcionalidades do projeto proposto de uma forma geral nos cenários encontrados de forma a simular um ambiente real.

Antes mesmo de montar o protótipo foram realizados alguns testes no software Proteus 7 para facilitar a montagem do projeto e verificar os possíveis erros que poderiam ocorrer durante os futuros testes com o equipamento devidamente montado. Na simulação feita, foram mostradas as mensagens iniciais exibidas no display LCD e correta escolha de eficientização, através dos níveis, como pode ser visualizado na figura 32.

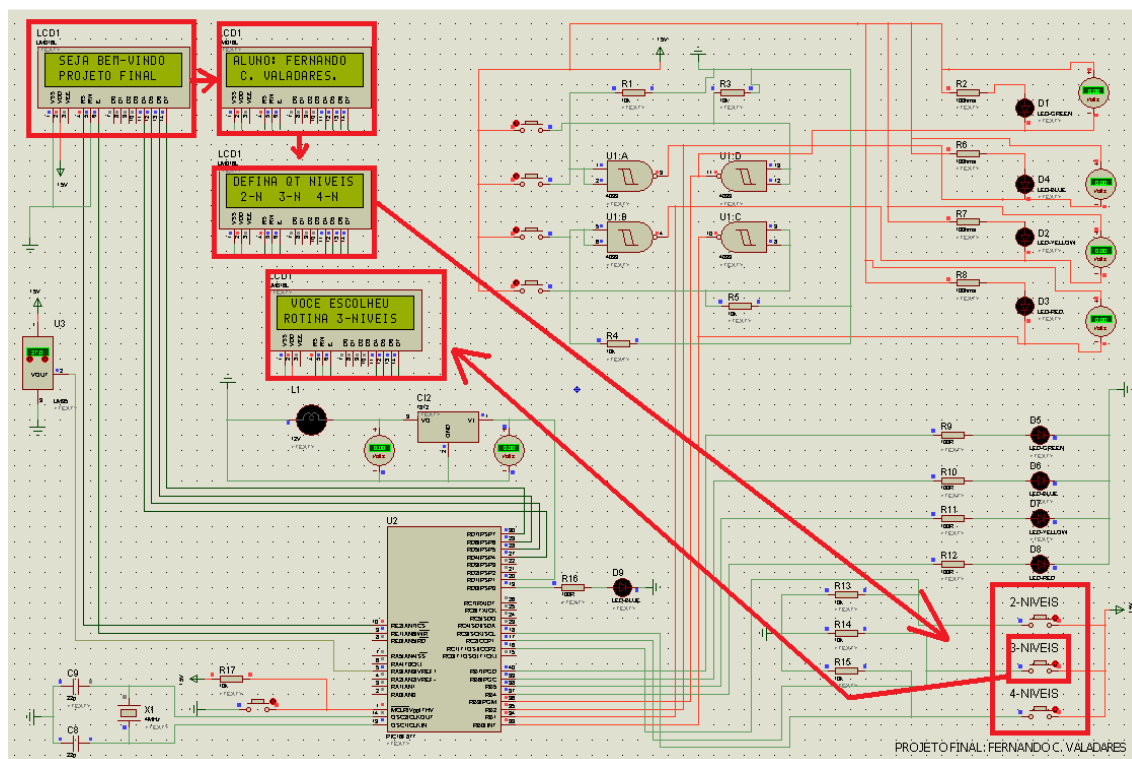


Figura 32 - Mensagens Iniciais do Display LCD

Foram testadas varias funções como toque de níveis, verificando se o display LCD recebeu as informações de acordo com os níveis desejados e se foi gerado sinal para entrada ou não de água externa (fria), da mesma maneira a temperatura, verificando se o display LCD estava mostrando as informações coerentes ao LM35 e se o trocador de calor foi acionado ou não pela faixa da temperatura pré-estabelecida. A figura 33 mostra a verificação desses testes.

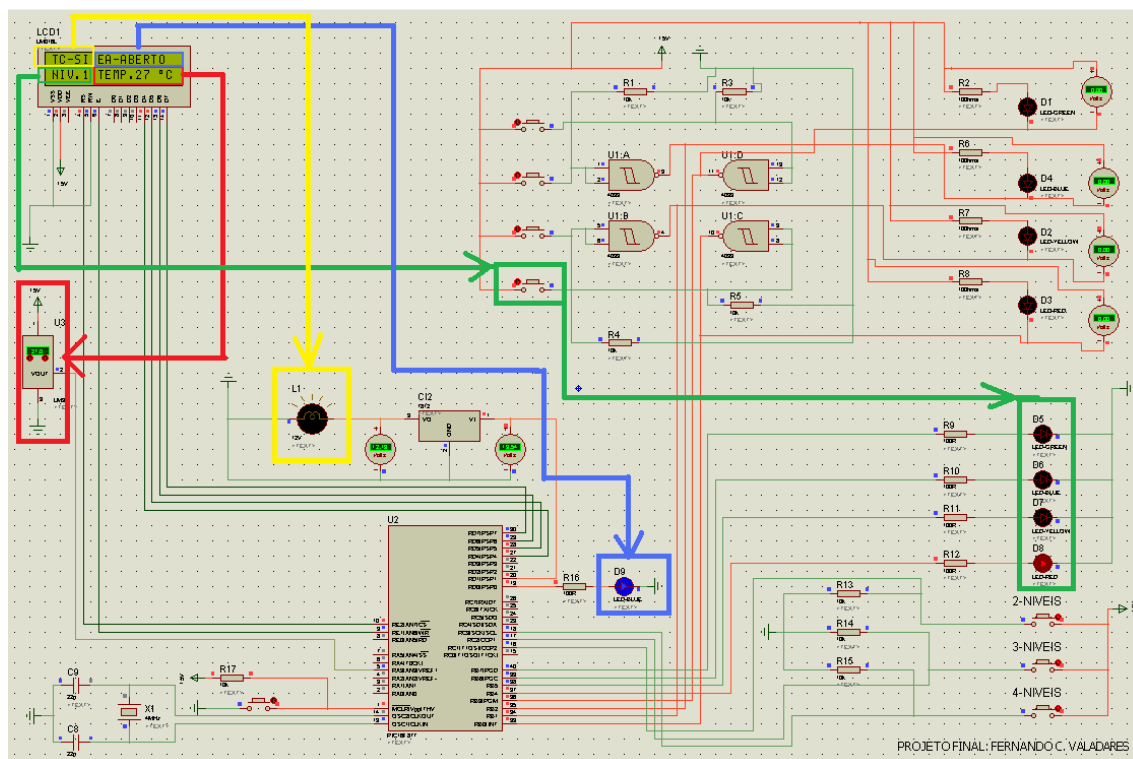


Figura 33 - Mensagens no Display LCD de acordo com suas Funções executadas

A simulação mostrou que o código e que os dispositivos funcionavam da maneira adequada e se mostrou eficiente ao atingir o resultado esperado.

Nos testes seguintes foram adotados ensaios de teste com o objetivo de facilitar as anotações e garantir um melhor resultado, foram realizados 5 (cinco) ensaios, onde foram anotadas as temperaturas iniciais, o tempo que demorou para a temperatura atingir a faixa determinada e também a temperatura final da caixa d'água. Os resultados dos ensaios podem ser visualizados no quadro 3 e serão descritos no decorrer deste capítulo.

Quadro 3 - Tabela de Teste e Ensaios

Ensaios	Temperatura Inicial da Caixa D'Água	Temperatura Final da Caixa D'Água	Tempo Necessário para Atingir a Temperatura Esperada
1	22º C	35º C	2 minutos
2	23º C	35º C	1 minutos e meio
3	28º C	35º C	1 minutos
4	24º C	35º C	1 minutos e meio
5	22º C	35º C	2 minutos

Ensaio 1: Primeiramente foi anotada a temperatura inicial da água, em torno de 22ºC. Com isto, os equipamentos já foram acionados, pois a temperatura da água estava abaixo de 30ºC, o objetivo deste primeiro ensaio é verificar se o sensor de temperatura funcionava de maneira adequada, após 2 minutos a temperatura atingiu 35ºC e desta forma os equipamentos foram desligados. Observou que o sensor de temperatura funcionou de maneira adequada, ocorrendo algumas oscilações pequenas na temperatura em alguns instantes.

Ensaio 2: Devido ao problema de oscilações no primeiro ensaio, foi trocado o sensor de temperatura, como tentativa de solução do problema. A temperatura inicial da água estava em 23ºC, após 5 segundos da primeira leitura os equipamentos já foram acionados. O mesmo problema de oscilação de temperatura ocorreu com o segundo sensor testado, a temperatura alcançou os 35ºC em 1 minuto e meio, porém o problema da variação de temperatura ainda persistiu.

Ensaio 3: Mais uma tentativa para retirar as oscilações de temperatura foi feita, sendo testado um terceiro sensor de temperatura. A temperatura inicial da água era de

28°C, ocasionando o acionamento dos equipamentos ligados ao relé, após 1 minuto a água alcançou a temperatura de 35°C, assim os relés foram levados a nível lógico 0 (zero) e foram abertos, evitando a passagem de corrente elétrica para os equipamentos, desta forma, os mesmos foram desligados. Nesse teste houveram ainda oscilações, porém menores.

Ensaio 4: Após diversas tentativas em busca de conseguir uma maior exatidão e reduzir as oscilações da temperatura, foi testado o último sensor de temperatura que foi confeccionado com fio blindado. Ao começar a leitura da temperatura o sensor registrou 24°C, após 1 minuto e meio a temperatura observada era de 35°C. O problema de oscilações foi reduzido, verificando assim o funcionamento do projeto de forma correta pela primeira vez.

Ensaio 5: Enfim, com o sensor de temperatura funcionando da maneira adequada foi realizado o último ensaio. A temperatura inicial da água registrada era 22°C, após 2 minutos com os equipamentos funcionando o sistema alcançou a temperatura final para que os equipamentos fossem desligados a 35°C, o sistema ficou ligado por 15 minutos para verificar possíveis oscilações na temperatura averiguar se a temperatura da caixa d'água iria cair. Durante esses 15 minutos o sistema ficou desligado, pois a temperatura era superior a 30°C.

Testes posteriores foram realizados com todo o protótipo fechado, verificando função dos níveis, acionamento ou não de sinal de Entrada de água externa (fria), de acordo com a quantidade de níveis escolhido.

Todos os testes realizados para a busca dos objetivos foram analisados de acordo com a proposta inicial do projeto e mostraram-se satisfatórios mesmo com as oscilações de temperatura. Foram feitos diversos testes e verificou-se que o controle da temperatura da caixa d'água na faixa pré-determinada foi realizado com sucesso, sem que haja uma pessoa responsável por controlar essa temperatura.

6. Conclusão

Este projeto teve como finalidade, a construção de um sistema de controle automático de distribuição de água aquecida comandado pela temperatura da água e controle de níveis, onde o principal objetivo do protótipo é manter a temperatura da caixa d'água variando dentro de uma faixa pré-estabelecida, garantindo um sistema automatizado para maior conforto aos clientes com menor consumo elétrico.

Após todos os testes realizados, conclui-se que os objetivos foram alcançados com sucesso, mesmo ocorrendo algumas variações na temperatura.

O protótipo é capaz de manter a temperatura da caixa d'água variando na faixa de 30°C e 35°C. Também mantém o fluxo controlado através dos níveis, podendo controlar o acionamento e desligamento da entrada de água fria. O Sistema garantiu uma maior economia de energia e também garantiu o controle automático dos equipamentos retirando a intervenção humana para o controle garantindo mais um equipamento automatizado.

O programa implementado se comportou de maneira esperada, fazendo o controle da temperatura dentro da faixa pré-estabelecida, fazendo também o controle de níveis com LASER e LDRs e o Microcontrolador fez as conversões dos sinais, analisou e interpretou de acordo com o código gravado em sua memória, fazendo com que os componentes fossem acionados de acordo com o desejado no projeto.

Portanto, os resultados atenderam as propostas e objetivos estipulados para este trabalho e o protótipo encontra-se em funcionamento.

7. Sugestões Projetos Futuros

Primeira sugestão é armazenamento de água aquecida, fazendo com que o usuário possa escolher 3 (três) faixas de temperatura, por exemplo armazenar uma água de 25-30°C, ou de 30-35°C, ou de 35-40°C, de maneira que fique melhor para quem está distribuindo, pois distribui de acordo com sua necessidade.

Segunda sugestão é uma melhoria da primeira sugestão de maneira que ao invés de utilizar 3 (três) faixas de temperatura para armazenamento dessa água, se utiliza um teclado numérico para definição da faixa de temperatura desejada, de maneira que fique melhor para quem está distribuindo, pois distribui de acordo com sua necessidade específica.

Terceira sugestão é o desenvolvimento do controle de temperatura e níveis com interface e acesso remoto para o controle, de maneira que possa efetuar a eficientização de qualquer ponto que tenha internet, melhorando assim o gerenciamento do processo de distribuição de água aquecida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GIMENEZ, Salvador P. – Microcontroladores 8051 – 1ª Ed., São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2002.

NICOLOSI, Denys E. C. – Laboratório de Microcontroladores Família 8051 – Treino de Instruções, Hardware e Software – 3ª Ed., São Paulo: Editora Érica Ltda, 2002.

TIPLER, Paul A. - Física: Eletricidade e magnetismo: Volume 2. 4 ed. LTC, Riode Janeiro, 2000.

BUENO, Rodrigo de Aragão. Simulação de sistema híbrido de aquecimento de água. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2009.

CAETANO, Robson Luís. Sistema de controle automático para bombas de piscina comandado pela temperatura da água. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2009.

GEOCITS – Disponível em: <<http://www.geocits.com/eletroinf/>>. Acesso em Março 2009

MOSAICO – Disponível em: <<http://www.mosaico-eng.com.br/>>. Acesso em Março 2009

SET AUTOMAÇÃO – Disponível em: <<http://www.setautomacao.com.br/>>. Acesso em Março 2009

THERMOMIX – Disponível em: <<http://www.thermomixbrasil.com.br/>>. Acesso em Março 2009

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CERNE TECNOLOGIA E TREINAMENTO. **Kits Didáticos**. Disponível em: <<http://www.cerne-tec.com.br/escolhekit.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

SABER MARKETING. **Kits**. Disponível em: <<http://www.sabermarketing.com.br>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

MICROGENIOS. **Kits Didáticos**. Disponível em: <<http://www.microgenius.com.br/shop/sessoes.asp?id=28>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

MICROCONTROLADOR. **Família 8051**. Disponível em: <<http://www.microcontrolador.com.br/verprodutos.php?prod=8051&id=3>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

KIT 8051. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.kit8051.com.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

NICOLOSI, Denys E. C.. **Laboratório de Microcontroladores Família 8051 - Treino de Instruções, Hardware e Software**. 3. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2004.

NICOLOSI, Denys E. C.. **Microcontrolador 8051 Detalhado**. 5 ed. São Paulo: Érica Ltda, 2004.

GIMENEZ, Salvador P.. **Microcontroladores 8051**. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2002.

NICOLOSI, Denys; BRONZERI, Rodrigo. **Microcontrolador 8051: Família AT89S8252 Atmel com Linguagem C – Prático e Didático**. 2. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2008.

MICROSHIP, Technology. 2003 – “**PIC 16F87XA Data Sheet**”. Disponível em:
<http://www.datasheet4u.com/html/1/6/F/16F877A_MicrochipTechnology.pdf.html>.
Acesso em Março de 2010

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. 4^a. Ed. São Paulo: Érica, 2005.

SOUZA, David José e LAVINIA, Nicolás César. **Conectando o PIC 16F877A: Recursos Avançados**. 2^a. Ed. São Paulo: Érica, 2005.

ZANCO, Wagner da Silva. **Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva**. 1^a. Ed. São Paulo: Érica, 2005.

ZANCO, Wagner da Silva. **Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva**. 2^a. Ed. São Paulo: Érica, 2006.

APÊNDICE A – CÓDIGO EM C

```
/*
*****
**** Projeto Final - Eng. Computação - UniCEUB ****
**** Fernando Carvalho Valadares. ****
**** RA: 2041648/4 ****
*****

**** SENSOR DE TEMPERATURA, SENSOR DE NIVEIS E ATIVAÇÃO DE RESISTENCIAS MICROCONTROLADO ****
*****

**** Aspectos Gerais: Monitora a temperatura de um recipiente, mostrando-a em uma ****
**** tela de LCD, fazendo comparações para ativação de trocador de calor ou desativação ****
**** do mesmo. ****
**** Também monitora 4 sensores LDR de níveis, nos quais dependendo da rotina tem ações ****
**** de Entrada de Água ou Fechamento da Entrada de Água. ****
**** Em RA0 é conectado um sensor de temperatura LM35D e o canal 0 faz a conversão A/D ****
**** e no LCD é mostrado o valor da temperatura do sensor. ****
**** A fonte de alimentação para este projeto, consta de uma fonte com bateria de 18 ****
**** Volts-1A. ****
**** ****
**** Versao 3.0 ****
**** ****
**** Ambiente de desenvolvimento: MPLAB 8.10, MPLAB é marca registrada da Microchip. ****
**** Simulador: Proteus 7 Professional - ISIS, Proteus 7-ISIS são marcas registradas ****
**** da Labcenter. ****
**** ****
**** Faixas de temperaturas dos circuitos integrados utilizados neste projeto: ****
**** PIC16F877 ****
**** LM35D -55 a +180 graus Celsius. ****
*****

*****
**** Definição de Cabeçalho ****
*****

*/

//**** Definições do microcontrolador utilizado ****
#include <16f877.h>
#define adc=10

//**** Diretiva que especifica o estado dos "fusíveis da palavra de configuração do dispositivo ****
#define xt,nolvp,nowdt,nolvp,nobrownout,put,nodebug,protect,nowrt,cpd
```

```

//**** Utiliza biblioteca de delay para geração de código de atraso ****
#include <delay.h>
#include <clock.h>
#include <rs232.h>
#include <i2c.h>
#include <mod_lcd.c>

//**** Configurações dos Bancos de Memória ****
#define SENSOR_LM35 PIN_A3 // Sensor de Temperatura ligado na Porta a e no Pino 3

#define LED_ENT_AGUA PIN_D0 // LED ligado na Porta D e no Pino 0
#define RELE_RES PIN_D1 // Rele Resistência ligado na Porta D e no Pino 1

#define ROTINA_2N PIN_C1 // Botao ligado na Porta C e no Pino 1
#define ROTINA_3N PIN_C2 // Botao ligado na Porta C e no Pino 2
#define ROTINA_4N PIN_C3 // Botao ligado na Porta C e no Pino 3

#define LDR_1 PIN_B0 // LDR ligado na Porta B e no Pino 0
#define LDR_2 PIN_B1 // LDR ligado na Porta B e no Pino 1
#define LDR_3 PIN_B2 // LDR ligado na Porta B e no Pino 2
#define LDR_4 PIN_B3 // LDR ligado na Porta B e no Pino 3
#define LED_1 PIN_B4 // LED ligado na Porta B e no Pino 4
#define LED_2 PIN_B5 // LED ligado na Porta B e no Pino 5
#define LED_3 PIN_B6 // LED ligado na Porta B e no Pino 6
#define LED_4 PIN_B7 // LED ligado na Porta B e no Pino 7

//*****
//**** RECONHECE AS FUNÇÕES ****
//*****

void Inicializa(void);
void LIMPA_LCD(void);
void le_ad(void);
void ROTINA_NIVEIS(void);
void PRINCIPAL_2N(void);
void PRINCIPAL_3N(void);
void PRINCIPAL_4N(void);

//*****
//**** Função main() - PROGRAMA COMEÇA APARTIR DA MAIN() ****
//*****

void main ()
{
    lcd_ini(); // Inicializa o display
    Inicializa(); // Chama Função Inicializa()
    lcd_escreve('\f'); // Posiciona Linha 1 LCD
    printf(lcd_escreve, " SEJA BEM-VINDO "); // Escreve " SEJA BEM-VINDO "
    lcd_escreve('\r'); // Posiciona Linha 2 LCD
    printf(lcd_escreve, " PROJETO FINAL "); // Escreve " PROJETO FINAL "
    LIMPA_LCD(); // Chama Função LIMPA_LCD()
    lcd_escreve('\f'); // Posiciona Linha 1 LCD

```

```

    printf(lcd_escreve,"ALUNO: FERNANDO "); // Escreve "ALUNO: FERNANDO "
    lcd_escreve('\r'); // Posiciona Linha 2 LCD
    printf(lcd_escreve," C. VALADARES. "); // Escreve " C. VALADARES. "
    LIMPA_LCD(); // Chama Função LIMPA_LCD()
    lcd_escreve('\f'); // Posiciona Linha 1 LCD
    printf(lcd_escreve,"DEFINA QT NIVEIS"); // Escreve "DEFINA QT NIVEIS"
    lcd_escreve('\r'); // Posiciona Linha 2 LCD
    printf(lcd_escreve," 2-N 3-N 4-N "); // Escreve " 2-N 3-N 4-N "

    ROTINA_NIVEIS(); // Chama Função ROTINA_NIVEIS();
}

//*****
//**** Função Inicializa() ****
//*****
void Inicializa(void)
{

    delay_ms(2000); // Delay de 2000ms

    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8); // Configura clock da conversão
    setup_adc_ports(RA0_RA1_RA3_ANALOG); // Configura três entradas como AD
    set_adc_channel(3); // Seleciona o canal 3 (Temperatura)

    Lcd_Ini(); // Inicializa o display
    delay_ms(3); // Delay de 3ms obrigatório p/ o display
    Lcd_Ini(); // Inicializa o display
    Lcd_Ini(); // Comando p/ 8 ou 4 vias de dados
    Lcd_Ini(); // Comando para limpar todo o LCD
    delay_ms(1); // Delay de 1ms
    Lcd_Ini(); // Comando p/ ligar o LCD sem cursor
    Lcd_Ini(); // Comando para incremento automático à direita
}

//*****
//**** Função Lcd_Dado() ****
//*****
void Lcd_Dado(char dado)
{

    disable_interrupts(GLOBAL); // Desliga as interrupções
    output_high(lcd_rs); // Seta o pino RS, modo dado
    output_d(dado); // Põe o dado no portd
    delay_cycles(2); // Aguarda 2us, acomodação
    output_high(lcd_enable); // Gera pulso de clock
    delay_cycles(2); // Aguarda 2 us, acomodação
    output_low(lcd_enable); // Gera pulso de clock
    delay_ms(1); // Aguarda 1ms
    enable_interrupts(GLOBAL); // Liga as interrupções
}

```

```

//*****
//**** Função Lcd_Inst() ****
//*****
void Lcd_Inst(char dado)
{
    disable_interrupts(GLOBAL);        // Desliga as interrupções
    output_low(lcd_rs);                 // Põe pino de RS (seleção do lcd) em baixo, modo comando
    output_d(dado);                     // Põe o dado no portd
    delay_cycles(2);                    // Aguarda 2 us, acomodação
    output_high(lcd_enable);            // Gera pulso de clock
    delay_cycles(2);                    // Aguarda 2 us, acomodação
    output_low(lcd_enable);             // Gera pulso de clock
    delay_ms(1);                        // Aguarda 1ms
    enable_interrupts(GLOBAL);          // Liga as interrupções
}

//*****
//**** Função LIMPA_LCD() - FUNÇÃO ESPERA 4000ms E LIMPA O DISPLAY ****
//*****
void LIMPA_LCD(void)
{
    delay_ms(4000);                     // Delay de 4000ms

    Lcd_Ini();                          // Inicializa o display
    delay_ms(3);                        // Delay de 3ms obrigatório p/ o display
    Lcd_Ini();                          // Inicializa o display
    Lcd_Ini();                          // Comando p/ 8 ou 4 vias de dados
    Lcd_Ini();                          // Comando para limpar todo o LCD
    delay_ms(1);                        // Delay de 1ms
    Lcd_Ini();                          // Comando p/ ligar o LCD sem cursor
    Lcd_Ini();                          // Comando para incremento automático à direita
}

//*****
//**** Função ROTINA_NIVEIS() - ONDE USUARIO ESCOLHE QUANTIDADE DE NIVEIS PARA CONTROLE ****
//*****
void ROTINA_NIVEIS(void)
{
    while(true)                        // Loop infinito, até que escolha uma das Rotinas e chame outra função
    {

        IF (input(ROTINA_2N))          // Se o Botao 2-niveis foi precionado
        {
            LIMPA_LCD();
            lcd_escreve('\f');           // Posiciona Linha 1 LCD
            printf(lcd_escreve," VOCE ESCOLHEU "); // Escreve " VOCE ESCOLHEU "
            lcd_escreve('\r');           // Posiciona Linha 2 LCD
            printf(lcd_escreve,"ROTINA 2-NIVEIS "); // Escreve "ROTINA 2-NIVEIS "
        }
    }
}

```

```

        PRINCIPAL_2N(); // Chama Função PRINCIPAL_2N()
    }

    IF (input(ROTINA_3N)) // Se o Botao 3-niveis foi precionado
    {
        LIMPA_LCD();
        lcd_escreve('\f'); // Posiciona Linha 1 LCD
        printf(lcd_escreve," VOCE ESCOLHEU "); // Escreve " VOCE ESCOLHEU "
        lcd_escreve('\r'); // Posiciona Linha 2 LCD
        printf(lcd_escreve,"ROTINA 3-NIVEIS "); // Escreve "ROTINA 3-NIVEIS "
        PRINCIPAL_3N(); // Chama Função PRINCIPAL_3N()
    }

    IF (input(ROTINA_4N)) // Se o Botao 4-niveis foi precionado
    {
        LIMPA_LCD();
        lcd_escreve('\f'); // Posiciona Linha 1 LCD
        printf(lcd_escreve," VOCE ESCOLHEU "); // Escreve " VOCE ESCOLHEU "
        lcd_escreve('\r'); // Posiciona Linha 2 LCD
        printf(lcd_escreve,"ROTINA 4-NIVEIS "); // Escreve "ROTINA 4-NIVEIS "
        PRINCIPAL_4N(); // Chama Função PRINCIPAL_4N()
    }
}

//*****
//**** Função PRINCIPAL_2N() - USUARIO ESCOLHEU CONTROLAR COM 2-NIVEIS 50% DA AGUA ****
//*****
void PRINCIPAL_2N(void)
{
    float aux, nivel; // Variaveis recebem numeros aux (temperatura) e nivel (nivel)
    CHAR TC[] = " ",EA[] = " "; // Variaveis recebem strings, ou seja, caracteres TC
                                // (Trocador de Calor) e EA (Entrada de Água)
    LIMPA_LCD(); // Chama Função de Limpar LCD LIMPA_LCD()

    while(true) // Loop infinito da Função PRINCIPAL_2N
    {
        set_adc_channel(3); // Seleciona o canal 3 (Temperatura)
        delay_ms(1000); // Delay de 1000ms
        restart_wdt(); // Restart na Watch Dog
        aux=read_adc(); // Chama Função read_adc() e retorna valor da temperatura
        aux*=0.5; // Ajusta o Valor da temperatura

        lcd_escreve('\f'); // Posiciona Linha 1 LCD
        printf(lcd_escreve,"TC-%s EA-%s",TC,EA); // Escreve "TC-'SI/NO' EA-'ABERTO/FECHADO'"
        lcd_escreve('\r'); // Posiciona Linha 2
        printf(lcd_escreve,"NIV.%1.0f TEMP.%1.0f °C",nivel,aux,0Xdf); // Escreve "NIV.'1/2/3/4'
                                // TEMP. XX°C"

        IF (!input(LDR_1)) // Se Desativou LDR_1, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_1

```

```

{
    nivel = 1;                // Atualiza variavel nivel com o numero 1
    strcpy (EA, "ABERTO ");   // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "ABERTO "
    output_high(LED_ENT_AGUA); // Ativa o Pino C6 e liga a Entrada de Agua
    output_B(0b00011111);     // Ativa o Pino B4 e liga o LED_1
}

IF (!input(LDR_2))           // Se Desativou LDR_2, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_2
{
    nivel = 2;                // Atualiza variavel nivel com o numero 2
    strcpy (EA, "FECHADO");   // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
    output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
    output_B(0b00111111);     // Ativa o Pino B4 e B5 e liga o LED_1 e LED_2
}

IF (!input(LDR_3))           // Se Desativou LDR_3, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_3
{
    nivel = 3;                // Atualiza variavel nivel com o numero 3
    strcpy (EA, "FECHADO");   // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
    output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
    output_B(0b01111111);     // Ativa o Pino B4, B5 e B6 e liga o LED_1, LED_2 e LED_3
}

IF (!input(LDR_4))           // Se Desativou LDR_4, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_4
{
    nivel = 4;                // Atualiza variavel nivel com o numero 4
    strcpy (EA, "FECHADO");   // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
    output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
    output_B(0b11111111);     // Ativa o Pino B4, B5, B6 e B7 e liga o LED_1, LED_2,
                                // LED_3 e LED_4
}

IF (aux<=30)                 // Se Temperatura calculada é menor ou igual a 30 °C
{
    output_high(RELE_RES);    // Ativa o Pino D0 e liga a Resistencia
    strcpy (TC, "SI");        // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "SI"
}

IF (aux>35)                   // Se Temperatura calculada é maior que 35 °C
{
    output_low(RELE_RES);     // Desativa o Pino D0 e desliga a Resistencia
    strcpy (TC, "NO");        // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "NO"
}
}

}

//*****
//**** Função PRINCIPAL_3N() - USUARIO ESCOLHEU CONTROLAR COM 3-NIVEIS 75% DA AGUA ****
//*****
void PRINCIPAL_3N(void)

```

```

{
    float aux, nivel;          // Variaveis recebem numeros aux (temperatura) e nivel (nivel)
    CHAR TC[] = " ", EA[] = " "; // Variaveis recebem strings, ou seja, caracteres TC
                                   // (Trocador de Calor) e EA (Entrada de Agua)
    LIMPA_LCD();                // Chama Função de Limpar LCD LIMPA_LCD()

    while(true)                 // Loop infinito da Função PRINCIPAL_2N
    {
        set_adc_channel(3);     // Seleciona o canal 3 (Temperatura)
        delay_ms(1000);         // Delay de 1000ms
        restart_wdt();          // Restart na Watch Dog
        aux=read_adc();         // Chama Função read_adc() e retorna valor da temperatura
        aux*=0.5;               // Ajusta o Valor da temperatura

        lcd_escreve('\f');      // Posiciona Linha 1 LCD
        printf(lcd_escreve,"TC-%s EA-%s",TC,EA); // Escreve "TC-'SI/NO' EA-'ABERTO/FECHADO'"
        lcd_escreve('\r');      // Posiciona Linha 2
        printf(lcd_escreve,"NIV.%.10f TEMP.%.10f %cC",nivel,aux,0Xdf); // Escreve "NIV.'1/2/3/4'
                                   // TEMP. XX°C"

        IF (!input(LDR_1))      // Se Desativou LDR_1, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_1
        {
            nivel = 1;          // Atualiza variavel nivel com o numero 1
            strcpy (EA, "ABERTO "); // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "ABERTO "
            output_high(LED_ENT_AGUA); // Ativa o Pino C6 e liga a Entrada de Agua
            output_B(0b00011111); // Ativa o Pino B4 e liga o LED_1
        }

        IF (!input(LDR_2))      // Se Desativou LDR_2, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_2
        {
            nivel = 2;          // Atualiza variavel nivel com o numero 2
            output_B(0b00111111); // Ativa o Pino B4 e B5 e liga o LED_1 e LED_2
        }

        IF (!input(LDR_3))      // Se Desativou LDR_3, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_3
        {
            nivel = 3;          // Atualiza variavel nivel com o numero 3
            strcpy (EA, "FECHADO"); // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
            output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
            output_B(0b01111111); // Ativa o Pino B4, B5 e B6 e liga o LED_1, LED_2 e LED_3
        }

        IF (!input(LDR_4))      // Se Desativou LDR_4, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_4
        {
            nivel = 4;          // Atualiza variavel nivel com o numero 4
            strcpy (EA, "FECHADO"); // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
            output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
            output_B(0b11111111); // Ativa o Pino B4, B5, B6 e B7 e liga o LED_1, LED_2,
                                   // LED_3 e LED_4
        }
    }
}

```

```

    IF (aux<=30)                // Se Temperatura calculada é menor ou igual a 30 °C
    {
        output_high(RELE_RES);    // Ativa o Pino D0 e liga a Resistencia
        strcpy (TC, "SI");        // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "SI"
    }

    IF (aux>35)                // Se Temperatura calculada é maior que 35 °C
    {
        output_low(RELE_RES);    // Desativa o Pino D0 e desliga a Resistencia
        strcpy (TC, "NO");        // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "NO"
    }
}

}

//*****
//**** Função PRINCIPAL_4N() - USUARIO ESCOLHEU CONTROLAR COM 4-NIVEIS 100% DA AGUA ****
//*****
void PRINCIPAL_4N(void)
{
    float aux, nivel;          // Variaveis recebem numeros aux (temperatura) e nivel (nivel)
    CHAR TC[] = " ",EA[] = " "; // Variaveis recebem strings, ou seja, caracteres TC
                                // (Trocador de Calor) e EA (Entrada de Agua)
    LIMPA_LCD();                // Chama Função de Limpar LCD LIMPA_LCD()

    while(true)                // Loop infinito da Função PRINCIPAL_2N
    {
        set_adc_channel(3);    // Seleciona o canal 3 (Temperatura)
        delay_ms(1000);        // Delay de 1000ms
        restart_wdt();          // Restart na Watch Dog
        aux=read_adc();         // Chama Função read_adc() e retorna valor da temperatura
        aux*=0.5;               // Ajusta o Valor da temperatura

        lcd_escreve('\f');      // Posiciona Linha 1 LCD
        printf(lcd_escreve,"TC-%s EA-%s",TC,EA); // Escreve "TC-'SI/NO' EA-'ABERTO/FECHADO'"
        lcd_escreve('\r');      // Posiciona Linha 2
        printf(lcd_escreve,"NIV.%1.0f TEMP.%1.0f °C",nivel,aux,0Xdf); // Escreve "NIV.'1/2/3/4'
                                // TEMP. XX°C"

        IF (!input(LDR_1))      // Se Desativou LDR_1, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_1
        {
            nivel = 1;          // Atualiza variavel nivel com o numero 1
            strcpy (EA, "ABERTO "); // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "ABERTO "
            output_high(LED_ENT_AGUA); // Ativa o Pino C6 e liga a Entrada de Agua
            output_B(0b00011111); // Ativa o Pino B4 e liga o LED_1
        }

        IF (!input(LDR_2))      // Se Desativou LDR_2, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_2
        {
            nivel = 2;          // Atualiza variavel nivel com o numero 2
            output_B(0b00111111); // Ativa o Pino B4 e B5 e liga o LED_1 e LED_2
        }
    }
}

```



```

}

IF (!input(LDR_3))          // Se Desativou LDR_3, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_3
{
    nivel = 3;              // Atualiza variavel nivel com o numero 3
    output_B(0b01111111); // Ativa o Pino B4, B5 e B6 e liga o LED_1, LED_2 e LED_3
}

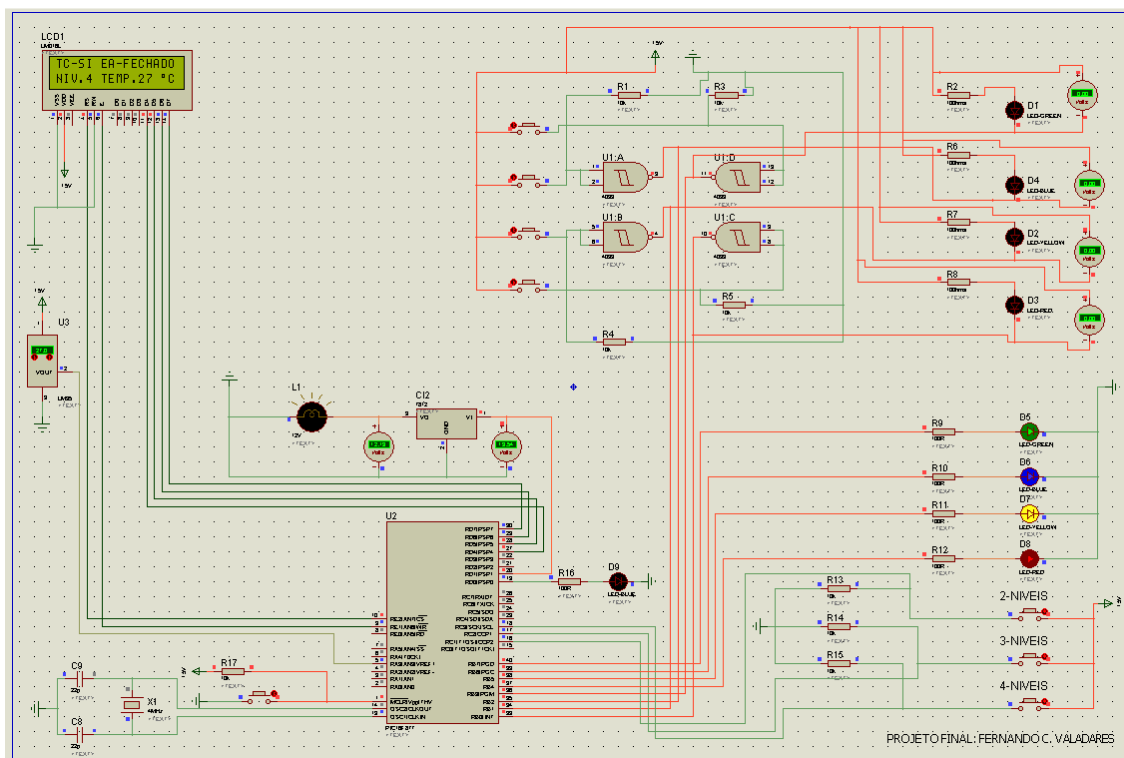
IF (!input(LDR_4))          // Se Desativou LDR_4, ou seja, Se o Laser Passou pelo LDR_4
{
    nivel = 4;              // Atualiza variavel nivel com o numero 4
    strcpy (EA, "FECHADO"); // Atualiza variavel EA (Entrada de Agua) para "FECHADO"
    output_low(LED_ENT_AGUA); // Desativa o Pino C6 e Desliga a Entrada de Agua
    output_B(0b11111111);   // Ativa o Pino B4, B5, B6 e B7 e liga o LED_1, LED_2,
                             // LED_3 e LED_4
}

IF (aux<=30)                // Se Temperatura calculada é menor ou igual a 30 °C
{
    output_high(RELE_RES);  // Ativa o Pino D0 e liga a Resistencia
    strcpy (TC, "SI");      // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "SI"
}

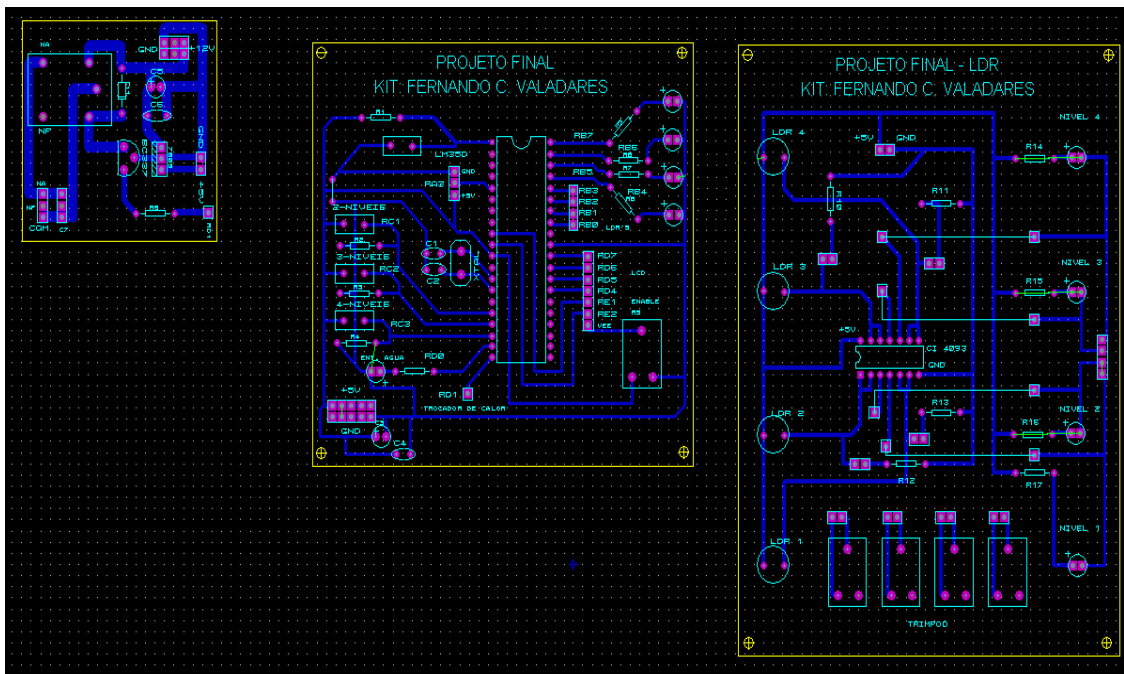
IF (aux>35)                 // Se Temperatura calculada é maior que 35 °C
{
    output_low(RELE_RES);   // Desativa o Pino D0 e desliga a Resistencia
    strcpy (TC, "NO");      // Atualiza variavel TC (Trocador de Calor) para "NO"
}
}
}

```

APÊNDICE B – ESQUEMA ELÉTRICO DO PROTÓTIPO E LAYOUT DO CIRCUITO



Simulador Proteus 7 ISIS



Simulador Proteus 7 ARES

ANEXO A – SENSOR DE TEMPERATURA LM35



July 1999

LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

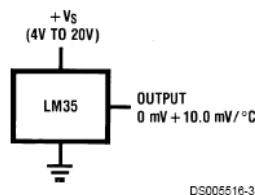
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$ over a full -55 to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\text{ }\mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^{\circ}\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

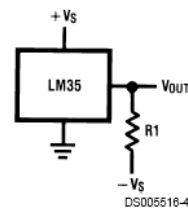
- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + $10.0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\text{ }\mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\text{ }\Omega$ for 1 mA load

Typical Applications



DS005516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$)

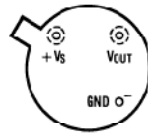


Choose $R_1 = -V_S/50\text{ }\mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500\text{ mV}$ at $+150^{\circ}\text{C}$
 $= +250\text{ mV}$ at $+25^{\circ}\text{C}$
 $= -550\text{ mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



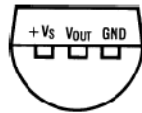
BOTTOM VIEW
DS005516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

See NS Package Number H03H

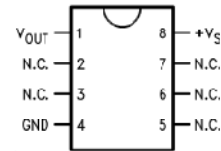
TO-92
Plastic Package



BOTTOM VIEW
DS005516-2

Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package

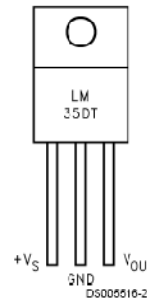


DS005516-2*

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-220
Plastic Package*



DS005516-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

ANEXO B – REGULADOR DE TENSÃO 7805



www.fairchildsemi.com

KA78XX/KA78XXA

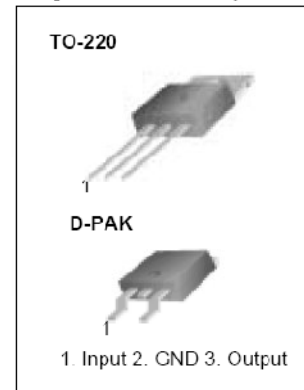
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

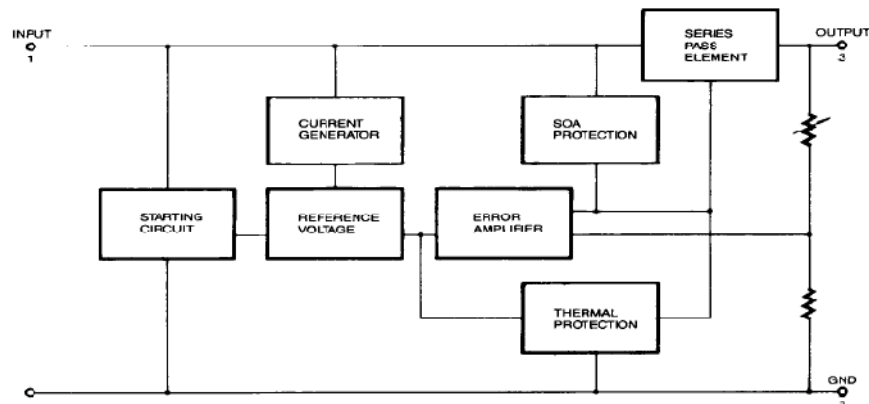
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$)	V_I	35	V
(for $V_O = 24V$)	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range (KA78XX/A/R)	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (KA7805/KA7805R)

(Refer to test circuit , $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions		KA7805			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
Output Voltage	VO	TJ =+25 °C		4.8	5.0	5.2	V
		5.0mA ≤ IO ≤ 1.0A, PO ≤ 15W VI = 7V to 20V		4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note1)	Regline	TJ=+25 °C	VO = 7V to 25V	-	4.0	100	mV
			VI = 8V to 12V	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	TJ=+25 °C	IO = 5.0mA to1.5A	-	9	100	mV
			IO =250mA to 750mA	-	4	50	
Quiescent Current	IQ	TJ =+25 °C		-	5.0	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔIQ	IO = 5mA to 1.0A		-	0.03	0.5	mA
		VI= 7V to 25V		-	0.3	1.3	
Output Voltage Drift	ΔVO/ΔT	IO= 5mA		-	-0.8	-	mV/ °C
Output Noise Voltage	VN	f = 10Hz to 100KHz, TA=+25 °C		-	42	-	μV/VO
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz VO = 8V to 18V		62	73	-	dB
Dropout Voltage	VDrop	IO = 1A, TJ =+25 °C		-	2	-	V
Output Resistance	ro	f = 1KHz		-	15	-	mΩ
Short Circuit Current	ISC	VI = 35V, TA =+25 °C		-	230	-	mA
Peak Current	IPK	TJ =+25 °C		-	2.2	-	A

ANEXO C – AMPLIFICADOR BC337

BC337, BC337-16, BC337-25, BC337-40, BC338-25

Amplifier Transistors

NPN Silicon

Features

- Pb-Free Package is Available*

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC337	BC338	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	45	25	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	50	30	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	5.0		Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	800		mA dc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0		mW/ mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12		W mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150		°C

THERMAL CHARACTERISTICS

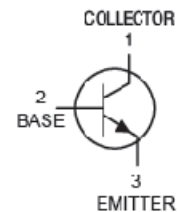
Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.



ON Semiconductor®

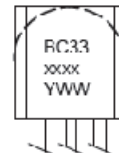
<http://onsemi.com>



MARKING DIAGRAM



TO-18 (TO-226)
CASE 29



xxxx = Specific Device Code
Y = Year
WW = Work Week

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 4 of this data sheet.

ANEXO D – CIRCUITO INTEGRADO 4093

R&E INTERNATIONAL, INC.

4093B

CMOS QUAD SCHMITT TRIGGER

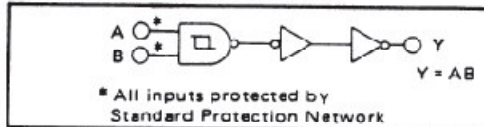
FEATURES

- ◆ Schmitt Trigger Action on each Input with no External Components
- ◆ Quad 2-Input NAND Configuration
- ◆ Noise Immunity Greater than 50%
- ◆ No Limit on Input Rise and Fall Times

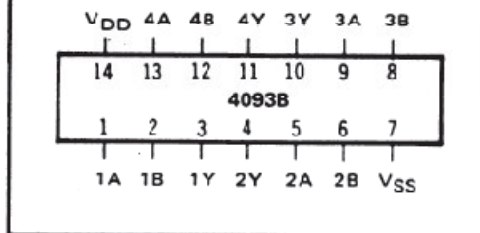
DESCRIPTION

The 4093B consists of four Schmitt trigger circuits. Each circuit functions as a 2-input NAND gate with Schmitt trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive- and negative-going signals. The difference between the positive voltage (V_P) and the negative voltage (V_N) is defined as the hysteresis voltage (V_H). This device is useful in high-noise environments and in wave and pulse shapers and multivibrators.

LOGIC DIAGRAM



CONNECTION DIAGRAM (all packages)



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C		-55 to +125	°C
E		-40 to +85	°C

BLOCK DIAGRAM

